ÓRGANO DE DIVULGACIÓN DE LAS DIVISIONES DE INGENIERÍA, CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, DICIEMBRE 2016, NÚMERO 21

ISSN: 2007-4530



"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Avances tecnológicos y su aplicación en las distintas esferas del conocimiento

Indexada en:










"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS EN MATEMÁTICAS

Objetivos del Programa

Formar personal con alto nivel académico, para el estudio autónomo y comprensión de los resultados y avances de la matemática moderna y sus aplicaciones, con capacidad para realizar labores de asesoría y apoyo matemático en proyectos de investigación y desarrollo en disciplinas de carácter científico y tecnológico. A nivel de doctorado, además de los anteriores, el objetivo principal es capacitar para la realización de investigación original e independiente en el campo de las matemáticas y sus aplicaciones.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA EDUCATIVA

Objetivos del Programa

El propósito de este programa académico es formar Especialistas en Matemática Educativa, cuya práctica profesional como docentes sintetice una serie de competencias éticas, ideológicas, de conocimiento teórico y sentido práctico, para atender los problemas de la educación matemática escolar en los ámbitos de la investigación, el desarrollo docente y la proyección social de sus egresados.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA

Objetivos del Programa

Preparar personal con un profundo conocimiento de las leyes fundamentales de la Física, para ejercer labores docentes a nivel licenciatura, posgrado y especialidad. Capacitar personal para ejercer actividades asociadas a la generación de conocimiento en diferentes áreas de la Física. Formar personal con una alta capacidad de trabajo e innovación lo cual le permita incidir sobre la solución de aquellos problemas de su competencia relacionados con el sector productivo de la región y del país. Capacitar personal en la utilización eficiente de diverso equipo con un alto desarrollo científico y tecnológico. Desarrollar programas multidisciplinarios de investigación científica y tecnológica.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS GEOLOGÍA

Objetivos del Programa

El objetivo general es el de formar Maestros en Ciencias de alto nivel de calidad y excelencia, capaces de participar en el análisis y solución de problemas geológicos tradicionales y de frontera, utilizando el método científico, y respondiendo con oportunidad a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Se ofrece un espacio de formación de alto nivel académico en torno a la problemática derivada de tres grandes áreas de aplicación de las Ciencias de la Tierra como son: los yacimientos minerales, la geología regional, y la hidrogeología-geología ambiental. Con ello se pretende contribuir al fortalecimiento de la capacidad profesional y/o investigativa de los profesionales que se desempeñan en estas áreas del conocimiento.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 3K-1 Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-53 y 259-21-54



CONTENIDO



EPISTEMUS



UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 10, No. 21, julio-diciembre 2016, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592105, (662)2592183 ext. 2650, www.epistemus.uson.mx,revista.epistemus@correom.uson.mx. Editor ejecutivo: Dr. José Luis Díaz Gómez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2012-101210334800-102. ISSN: 2007-4530 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 15747, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 30 de diciembre del 2016, con un tiraje de 500 ejemplares.

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662)2592155, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, At'n. Dr. José Luis Díaz Gómez, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en el Directory of Open Access Journal (DOAJ), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (Biblat).

REVISTA EPISTEMUS
Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 2592155.
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Atn. Dr. José Luis Díaz Gómez
Editor Ejecutivo

EDITORIAL



Hace ya casi cuatro años que aceptamos la responsabilidad del proceso de edición de la Revista *Epistemus. Ciencia, Tecnología y Salud.* Confiamos entonces, en apoyarnos en la tradición académica lograda por la revista, tradición que se había logrado, gracias sobre todo a sus autores, evaluadores y lectores, pero también al trabajo continuo de los comités editoriales que nos precedieron. Desde el primer momento también se formó un Comité Editorial comprometido y una comunidad científica de árbitros, que realiza un trabajo muy poco reconocido, y que sostienen el funcionamiento no sólo de esta revista sino también el de otras publicaciones universitarias basadas en la evaluación por pares.

Gracias a ellos, ha sido posible que *Epistemus* no sólo haya mantenido su presencia en la comunidad académica, sino que haya sido capaz de, conservar su identidad, adaptarse a los requerimientos progresivos de la producción científica y a sus nuevas formas. Estamos seguros de que el nuevo equipo editorial, pronto seguirá con el proceso de transformar la gestión editorial de *Epistemus* al tiempo que mantendrá su identidad académica, con el objetivo de seguir siendo, como todos estos años, un espacio privilegiado para divulgar el conocimiento que se genera y enseña en nuestra Universidad y otras Instituciones de Educación Superior en el ámbito de la comunidad Mexicana y Latinoamericana.

Desde que asumimos la gestión de la revista en 2013, hasta este volumen, se realizaron cambios que han mantenido una relación estrecha con el funcionamiento de la revista. En primer lugar, como muy bien saben los autores y evaluadores, todo el proceso editorial de recepción y evaluación de originales, pasó por un proceso de cambio. En segundo lugar, durante estos años la revista, ha logrado ingresar a bases de datos internacionales relevantes, como LATINDEX, DOAJ y REDIB y se encuentra a través de estas bases referenciada en otras como el *Open Access Infraestructure for Research in Europe* (OPenAire), y en la *Red de Universidades de Iberoamérica* (Universia), por mencionar dos de importancia, lo que le da una amplia visibilidad y al mismo tiempo un reconocimiento a su relevancia científica aunque, también representa un reto para, no sólo mantenerla, sino, aumentar en lo posible el índice de impacto.

En este momento de transición hacemos un reconocimiento a los Directores de las Divisiones de Ciencias Exactas y Naturales, de Ingeniería, y de Ciencias Biológicas y de la Salud que hacen posible con su apoyo y financiamiento el proceso de edición. Señalamos también, que la revista es y debe seguir siendo parte de la comunidad académica, y es a esa comunidad a quién le corresponde, proponer nuevas líneas editoriales que ayuden a conservar la trayectoria de Epistemus.

Sólo nos resta exhortar a los autores para que contribuyan a este empeño, con el envío de contribuciones cada vez mejores, así como a los lectores para que hagan llegar al Comité Editorial sus valiosas sugerencias. Por último esperamos que el nuevo comité disfrute tanto como nosotros la excitante tarea de la edición de la revista.

Atentamente
Comité Editorial

BASES
PARA PARTICIPAR CON ARTÍCULOS O COLABORACIONES EN EPISTEMUS

POLÍTICA EDITORIAL
La Revista Epistemus, es una revista arbitrada multidisciplinaria de difusión semestral que publica artículos de investigación y divulgación nacionales e internacionales. La Revista Epistemus, es un proyecto editorial de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, México.

OBJETIVO
Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno.

DIRIGIDA A
Está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de las Ingenierías, las Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y la Salud, y a todos aquellos profesionales que desarrollan la ciencia y la aplican en estas áreas.

SECCIONES DE LA REVISTA
La revista publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, en las siguientes secciones:

Investigación.
Incluye resultados de proyectos de investigación y requiere mostrar la metodología del caso.

Divulgación

* ***Desde la academia.*** Comprende los temas relacionados con el quehacer académico, ensayos, reseñas, desarrollo de problemas, temas de la vida académica y su relación con el entorno.
* ***Políticas de Ciencia y Tecnología.*** Incluye temas que tienen que ver con el análisis de las políticas en materia de ciencia y tecnología, la relación entre la investigación y el desarrollo, la innovación y las políticas públicas.
* ***Ciencia, Tecnología y Sociedad.*** Se trata de promover una cultura científica, tecnológica, de la salud y de la sociedad, abordando diversos temas específicos que inviten a la reflexión, y/o al análisis para comprender el conocimiento.

ARBITRAJE
Cada trabajo será revisado por el Comité Editorial, y una vez que el trabajo sea considerado pertinente, se someterá al proceso de revisión en doble ciego por al menos dos especialistas en el área al que corresponde el artículo. Estos pares académicos deben ser de una institución diferente a la(s) institución(es) de origen del artículo. El proceso de dictamen y arbitraje será inapelable.

EXCLUSIVIDAD
Todos los textos deberán ser originales e inéditos, enviando declaratoria de originalidad y de no presentarse en paralelo para otras publicaciones. Se deberá asumir la responsabilidad si se detecta falsificación de datos y falta de autenticidad en la publicación.

DERECHOS DE AUTOR
La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos sólo para difusión sin ningún fin de lucro, sin menoscabo de los propios derechos de autoría.

FORMATO GENERAL
1. Título de la colaboración, máximo de 12 palabras. Escrito en los idiomas Español e Inglés. Debe representar el contenido del artículo y permitir al lector situarse en el contexto específico que aborda.
2. Nombre(s) de los autores: en mayúsculas, separados por una coma, sin grados.
3. Resumen: Aproximadamente de 100 a 150 palabras, colocado después de los autores del artículo. Debe contener información concisa de principales resultados, métodos y conclusiones.
4. Palabras clave: Mínimo 3 y máximo 5.
5. Abstract: La traducción al inglés del resumen es responsabilidad del autor.
6. Keywords: Mínimo 3 y máximo 5. La traducción al inglés es responsabilidad del autor
7. Nombre(es) de los autores: ámbito disciplinar, institución académica, dirección de correo electrónico de autor(es).
8. Estructura deseable para artículos de investigación
   a. Introducción
   b. Objetivo
   c. Planteamiento del problema
   d. Método de trabajo
   e. Resultados
   f. Discusión
   g. Conclusiones
   h. Extensión máxima de 3500 palabras y hasta 20 cuartillas.
9. Estructura deseable para artículos de divulgación
   a. Introducción
   b. Desarrollo
   c. Conclusiones
   d. Extensión máxima de 3000 palabras y hasta 15 cuartillas.
10. Citas y referencias: Preferentemente de los últimos 5 años; deben seguir el formato IEEE e ir al final de la colaboración.
11. Contenido: Elaborado en Microsoft Word de Windows. Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. Para las expresiones matemáticas debe usarse un editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.
12. Tablas, fotos y gráficos se deben incluir en archivos separados. Incluir el título (como nombre Figura1.ext). Fotos y gráficos en formato jpg o tif con una resolución máxima de 1200 pixeles, las tablas en Excel. Las imágenes deben ser originales o de licencia creative commons (libres de regalías).
13. Bajar la plantilla con el formato general para el documento. Para desarrollar el artículo se encuentra una plantilla establecida de acuerdo a las características de los artículos. La plantilla se encuentra en la página Web de Epistemus.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO
Esta revista proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.
Esta revista no aplica ningún cargo económico ni en la entrega de artículos ni para la producción editorial de los artículos.

CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD
Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Comité Editorial de la publicación. Las imágenes son responsabilidad de los autores y o de la imprenta que realiza el diseño. El Comité Editorial declina toda responsabilidad por los derechos que pudieran derivarse de ellas.

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS
Los artículos se reciben durante todo el año de manera electrónica en el correo:
revista.epistemus@correom.uson.mx

- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

MAYORES INFORMES AL CORREO Y PÁGINA WEB
revista.epistemus@correom.uson.mx
www.epistemus.uson.mx

CARACTERIZACIÓN DE PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE ZACATE BUFFEL Y SUS IMPLICACIONES AMBIENTALES

Characterization of ethanol production from buffelgrass and their environmental implications

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Kareen Krizzan Encinas Soto[1]
Abraham Rogelio Martin García[2]
Manuel Pérez Tello[3]

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
Dra. Kareen Krizzan Encinas Soto
Correo: kareen.encinas@iq.uson.mx

Resumen

En esta investigación se caracterizó el potencial para la obtención de etanol a partir de la planta silvestre Cenchrus ciliaris, también conocida como zacate buffel. A partir de estudios experimentales a nivel laboratorio, se determinaron los rendimientos técnicos y requerimientos energéticos de las etapas de pretratamiento ácido, hidrólisis enzimática y fermentación. Los valores obtenidos fueron comparados con los reportados en la literatura para otros procesos de producción de combustibles. Los resultados del presente trabajo indican que el procesamiento de Cenchrus ciliaris consume la tercera parte de la energía requerida para procesar gasolina por 1 MJ de etanol producido. Asimismo, mediante este proceso es factible la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por 1 MJ de energía de etanol producido en aproximadamente 40 % su valor actual.

Palabras clave: Hemicelulosa, celulosa, hidrólisis ácida.

Abstract

In this research, the ethanol production from the wild plant Cenchrus ciliaris, also known as buffelgrass, was characterized. The technical performance and energy requirements for the steps of acid pretreatment, enzymatic hydrolysis and fermentation were determined from experimental studies under laboratory conditions. The values obtained were compared with those reported in the literature for other fuel production processes. The results of this work show that the production of 1 MJ of ethanol from Cenchrus ciliaris requires about one third of the energy necessary to produce 1 MJ of gasoline. Also, the process is capable of reducing by 40% the emissions of greenhouse gases regarding the production of 1 MJ of ethanol.

Key words: *Hemicellulose, cellulose, acid hydrolysis.*

1 Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora/Correo: kareen.encinas@iq.uson.mx
2 Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora/Correo:armartin@iq.uson.mx
3 Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora/Correo: mperezt@iq.uson.mx



INTRODUCCIÓN

El etanol es el biocombustible más utilizado para el transporte en todo el mundo. La biomasa lignocelulósica puede ser una alternativa para producir etanol. La importancia del bioetanol ha ido en aumento principalmente por razones como el calentamiento global y el cambio climático.

La producción de etanol del mundo fue de 31 mil millones de litros en el 2001, la cual incrementó a 39 mil millones de litros en el 2006 [1], y se espera llegar a los 140 billones de litros en 2017. La producción de etanol a partir de materiales lignocelulósicos ha incrementado los últimos años. Lo anterior, es debido a que la mayoría de los materiales lignocelulósicos son renovables, de bajo costo y se encuentran disponibles en abundancia. Algunos de estos materiales incluyen de residuos de cultivos, pastos, aserrín, madera, entre otros [2]. Se ha estimado que 442 mil millones de litros de etanol pueden ser producidos a partir de biomasa lignocelulósica, y que los cultivos totales y residuos de los cultivos pueden producir 491 mil millones de litros de etanol por año, alrededor de 16 veces más que la producción actual de etanol en el mundo [2].

La producción de etanol a partir de biomasa lignocelulósica comprende las siguientes etapas principales: pretratamiento, hidrólisis enzimática y fermentación/destilación/separación. El pretratamiento con ácido diluido es el proceso más eficaz para materiales lignocelulósicos, porque genera cantidades más bajas de productos de degradación que los pretratamientos con ácido concentrado [4,5], lo que es favorable para el proceso de fermentación. La hidrólisis enzimática puede realizarse a los tejidos pretratados de la etapa anterior, las cuales son susceptibles a ser degradados por enzimas hidrolíticas. La aplicación de enzimas hidrolíticas en la producción de etanol consiste en el uso de hemicelulasas y celulasas. Las hemicelulasas pueden ser una alternativa para el pretratamiento por hidrólisis ácida, las celulasas son utilizadas para degradar la celulosa cuando la hemicelulosa es hidrolizada. El etanol puede obtenerse a partir de la xilosa obtenida por hidrólisis de hemicelulosa y de la glucosa obtenida por hidrólisis de celulosa y hemicelulosa. La fermentación de glucosa a etanol es realizada por *Saccharomyces cerevisiae,* mientras que la fermentación de xilosa es realizada por otros organismos diferentes como son *Candida shehatae* y *Pichia stiptis*. La fermentación alcohólica puede llevarse a cabo por lotes o en forma continua. El producto de la fermentación, se somete a un proceso de purificación. Para poder utilizar el etanol como combustible mezclándolo con gasolina, es necesario eliminar el agua hasta alcanzar una pureza del 99.5 al 99.9% vol.





Tradicionalmente, la separación del sistema etanol-agua se hace mediante destilación azeotrópica, utilizando benceno, pentano o dietil éter como solvente, o mediante destilación extractiva empleando etilenglicol o gasolina [6].

En este trabajo se propone la evaluación del material lignocelulósico *C. ciliaris*, como una materia prima potencial para la producción de etanol. *Cenchrus ciliaris* es un pasto silvestre conocido como zacate *buffel* que cubre el 8% de la superficie del Estado de Sonora, en el Noroeste de México. Dicha superficie corresponde aproximadamente a 1,850,000 hectáreas, la mayoría concentradas en la parte central del Estado [7]. La composición típica de *Cenchrus ciliaris* incluye [8]: 88% de materia orgánica excluyendo proteínas, 10% de proteína cruda y 2% de cenizas insolubles en ácido. La materia orgánica está formada por 5.3% lignina; 35.3% celulosa; 31.8% hemicelulosa; y 15.6% otros materiales orgánicos no proteínicos.

Considerando la composición y naturaleza de *Cenchrus ciliaris*, éste representa un candidato potencial para la producción de etanol, ya que ofrece ventajas sobre otras materias primas. Algunas de estas ventajas incluyen su crecimiento en terrenos desérticos, bajos requerimientos de irrigación y alto rendimiento. Estos factores presentan efectos significativos sobre el ciclo de vida del proceso, el cual es un método para determinar los impactos ambientales durante el ciclo de vida completo de un producto y de su proceso de producción.

En el presente trabajo, se plantea como hipótesis que el uso de *Cenchrus ciliaris* como materia prima para producir etanol reduciría el consumo de energía y la emisión de gases de efecto invernadero con respecto a otros procesos convencionales para producción de etanol. Actualmente no existe antecedente en la literatura acerca de tal estudio, el objetivo de este trabajo fue determinar las características técnicas del proceso de producción de etanol a partir de *Cenchrus ciliaris* y realizar un análisis de su ciclo de vida con el fin de evaluar sus potenciales implicaciones ambientales.

MÉTODO

Para determinar las características técnicas relevantes y las implicaciones ambientales de la producción de etanol a partir de *Cenchrus ciliaris*, se integraron los resultados experimentales obtenidos en trabajos previos [9-11] e información relevante de la literatura [12-14]. Dicha información fue procesada para obtener indicadores cuantitativos. Las etapas consideradas en este estudio incluyeron: (a) preparación de la materia prima, (b) pretratamiento de *Cenchrus ciliaris* por hidrólisis ácida-cuantificación de carbohidratos, (c) hidrólisis enzimática del residuo sólido, (d) fermentación de azúcares, y (e) análisis de ciclo de vida. Dichas etapas se detallan a continuación.

Preparación de la Materia Prima

La planta de *Cenchrus ciliaris* se recolectó manualmente en el ejido La Mora, Banamichi, Sonora, México, en la

temporada de invierno del año 2012. La preparación de la materia prima recolectada en campo se realizó mediante secado a 80 °C durante 24 h en una mufla VWR Scientific modelo 1350 F. Una vez seca, el material se redujo de tamaño en un molino Pulvex 200 hasta tamaños de partícula menores de 0.18 mm de diámetro. Posteriormente se cribó y se seleccionaron dos fracciones de tamaño: la primera fracción incluyó partículas menores a 0.053 mm; la segunda incluyó partículas en el intervalo de 0.147-0.173 mm, con un tamaño promedio de 0.16 mm. Ambas fracciones se sometieron a las etapas descritas a continuación.

Pretratamiento por Hidrólisis ácida-cuantificación de carbohidratos (HPLC)

Los experimentos de hidrólisis ácida se llevaron a cabo a en un reactor Parr de 2 L modelo 4850 a temperaturas de 120, 135 y 150 °C, y concentraciones de ácido sulfúrico de 0.05 y 0.15 M. La masa inicial de biomasa utilizada en los experimentos fue de 10 g por litro de solución ácida. El tiempo de reacción fue de 60 minutos. Cada 10 minutos se recolectaron 5 mL de muestra de solución acuosa para su análisis. Las muestras fueron analizadas por HPLC para conocer la concentración de carbohidratos presentes en el producto de la hidrólisis. Para ello se utilizó una columna Hi-Plex H marca Varian a 65 °C, que contiene una resina de intercambio catiónico que consiste de estireno sulfonado entrecruzado con copolímero de divinilbenceno. El diámetro de partícula del material de la columna es de 7-11 µm. La fase móvil fue agua para HPLC marca Fermont H5052 suministrada a un flujo de 0.6 mL/min. Se utilizó un método isocrático, inyectándose 25 microlitros de muestra. Los detectores de índice de refracción Varian© modelo Star 9020 y de UV- Visible Varian© ProStar envían la señal eléctrica al integrador Shimadzu modelo Chromatopac C-R3A el cual registra en forma gráfica las especies químicas detectadas por el instrumento, generando un reporte del área bajo la curva obtenida. El detector de índice de refracción fue operado a 35 º C y a 2.56×10^{-6} RIU/F.S y el detector UV-visible trabajó a una longitud de onda de 254 nm, para todas las muestras analizadas. Los estándares utilizados para las curvas de calibración fueron marca Sigma-Aldrich. Los tiempos de retención de los carbohidratos fueron 9, 10, 11 min para glucosa, xilosa y arabinosa, respectivamente.

La liberación de los monómeros de carbohidratos ocurre durante el pretratamiento de hidrólisis con ácido sulfúrico diluido a partir de la hemicelulosa contenida en *Cenchrus ciliaris*. A partir de un balance de masa para la hemicelulosa (ecuación 1) y para los carbohidratos en el reactor batch (ecuación 2) a volumen constante, con mezclado perfecto se obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dH}{dt} = -k_1[H] \quad (1)$$

$$\frac{dC_i}{dt} = \alpha_i k_1[H] - k_i[C_i] \quad (2)$$





donde H es la cantidad de hemicelulosa sólida por unidad de volumen de solución acuosa en el reactor (mmol/L), C_i es la concentración del carbohidrato *i* disuelto en la solución acuosa (mmol/L), k_1 es la constante cinética aparente de la descomposición de la hemicelulosa (min^{-1}), k_i es la constante cinética de la degradación del carbohidrato *i* (min^{-1}), y α_i es el número de moles del carbohidrato *i* producidas por mol de hemicelulosa consumida.

Se hace notar que en la ecuación (2) se ha supuesto que la reacción de degradación del carbohidrato *i* en solución es irreversible y obedece a una cinética de primer orden con respecto a la concentración del carbohidrato disuelto C_i. Para un reactor isotérmico, los valores de las constantes cinéticas (k_1, k_i) no dependen del tiempo. De acuerdo a las ecuaciones (1) y (2), si se conocen los coeficientes estequiométricos (α_i) y los valores de H y C_i a tiempo inicial (t=0), es posible calcular los valores de H y C_i en el reactor a cualquier tiempo. Durante los experimentos [9], se recolectaron datos de C_i vs tiempo y se determinaron los coeficientes estequiométricos (αi) y los valores de H y C_i a tiempo inicial (t=0), Todo lo anterior, se estableció basados experimentos analizados mediante el optimizador Solver de la hoja electrónica Excel [15] se determinaron los valores de las constantes cinéticas (k_1, k_i) y sus energías de activación aparentes a diferentes condiciones experimentales. Las ecuaciones (1) y (2) ajustaron aceptablemente los datos experimentales con un valor del factor de correlación promedio $r^2 = 0.9889$.

A fin de generalizar los resultados, la constante k_1 se correlacionó con la temperatura absoluta mediante la ecuación de Arrhenius:

$$k_1 = Aexp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \qquad (3)$$

donde E_a es la energía de activación aparente (kJ/mol), A es el factor preexponencial (min^{-1}), R es la constante universal de los gases (kJ/molK) y T es la temperatura absoluta (K).

Hidrólisis Enzimática

A partir del pretratamiento ácido de *Cenchrus ciliaris* se obtuvo un residuo sólido en forma de fibras, el cual se hidrolizó enzimáticamente con celulasas comerciales obtenidas por *Aspergillus niger* (USB Corporation, Cleveland, OH USA). Para la reacción enzimática se utilizaron 0.5 g de fibras en un volumen de 50 mL de agua destilada con las condiciones óptimas de la enzima (pH 4.5 y 40°C) y diferentes relaciones enzima-sustrato (0.02-3.2 g/L). La hidrólisis enzimática inicia al agregar la enzima en el sistema de reacción, tomando 1 mL de muestra cada 20 minutos durante 2 horas [10]. Los carbohidratos se cuantificaron con la técnica de HPLC descrita en el apartado anterior.

Para describir la cinética de las reacciones enzimáticas se utilizó el modelo de Michaelis-Menten, ecuación (4):

$$V = \frac{V_{max}\ (E)}{K_m + E} \qquad (4)$$

donde V es la rapidez de producción de glucosa por



hidrólisis de celulosa (g/Lmin), V_{max} es la máxima rapidez de producción de glucosa por hidrólisis de celulosa a la temperatura y pH del sistema (g/Lmin), E es la relación enzima-sustrato (g/L) y K_m es el valor de la relación enzima-sustrato (g/L) para la cual se cumple que: $V=(1/2)V_{max}$. Los valores de K_m y V_{max} se obtuvieron mediante regresión no lineal de los datos experimentales de V vs E por la técnica de mínimos cuadrados [16].

Fermentación

Cada fermentación fue realizada en un matraz Kitazato conteniendo 1 L de solución por gramo de levadura, conectado a una trampa de agua. Para la fermentación de carbohidratos se utilizó una levadura de Saccharomyces cerevisiae y un medio ácido de nutrientes para levadura (0.46 g de $CO(NH_2)_2$, 0.61 g de K_2HPO_4). La fermentación fue realizada dentro de una incubadora a una temperatura de 30 °C por periodos de 36-42 horas. Se determinó etanol como producto de la fermentación por medio de HPLC descrita con detalle en la sección de hidrólisis ácida [11]. El tiempo de retención del etanol fue de 29 min.

Análisis de Ciclo de Vida

En este análisis se comparan la energía necesaria y las emisiones de gases de efecto invernadero para la obtención de combustibles que actualmente se producen como gasolina, etanol de maíz y etanol de materiales lignocelulósicos. Estas referencias permiten estimar la energía necesaria así como las emisiones de gases en la producción de etanol a partir de Cenchrus ciliaris.

El esquema global para la producción de etanol a partir de Cenchrus ciliaris se muestra en la Figura 1. El esquema toma en cuenta la maquinaria, transporte, electricidad y el combustible utilizado, así como la gestión de residuos durante el proceso. Durante la etapa de cultivo es necesario considerar la preparación del suelo, del campo, y la clasificación y empaque para la obtención de un alto rendimiento de la cosecha. En la etapa de conversión de etanol, se realizaron estudios a escala laboratorio para encontrar las condiciones óptimas para los procesos de pretratamiento, hidrólisis y fermentación. Después de la recuperación del etanol, en la etapa 3 se consideran los almacenamientos de gasolina y etanol para hacer una mezcla final que es distribuida a las estaciones de servicio para el cliente final.

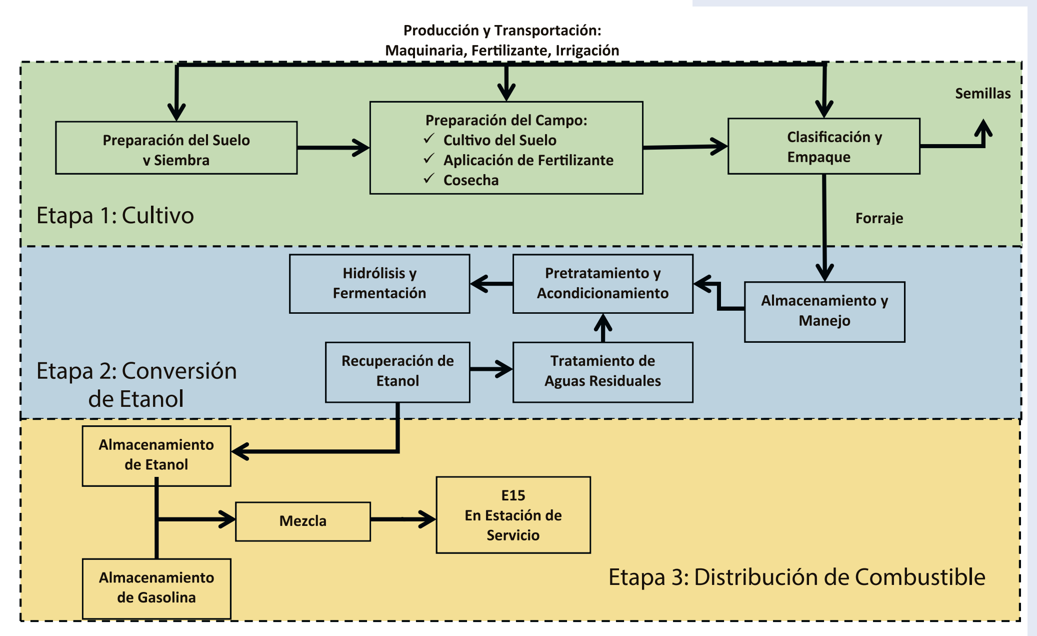


Figura 1. Esquema global de producción de etanol a partir de *Cenchrus ciliaris*.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del trabajo experimental descrito previamente, se encontró que las condiciones de operación que maximizan la hidrólisis de hemicelulosa en la etapa de pretratamiento son: 120 °C, H_2SO_4 0.15 M, tamaño de partícula de 0.16 mm y 50 min de tiempo de procesamiento. Bajo estas condiciones se alcanzó 41% de hidrólisis y se obtuvieron carbohidratos fermentables con la mínima cantidad de furfural, el cual es el producto de la degradación homogénea de la xilosa. El furfural es un producto indeseable ya que interfiere en el proceso de fermentación posterior, inhibiendo el crecimiento de los microorganismos responsables de ésta.

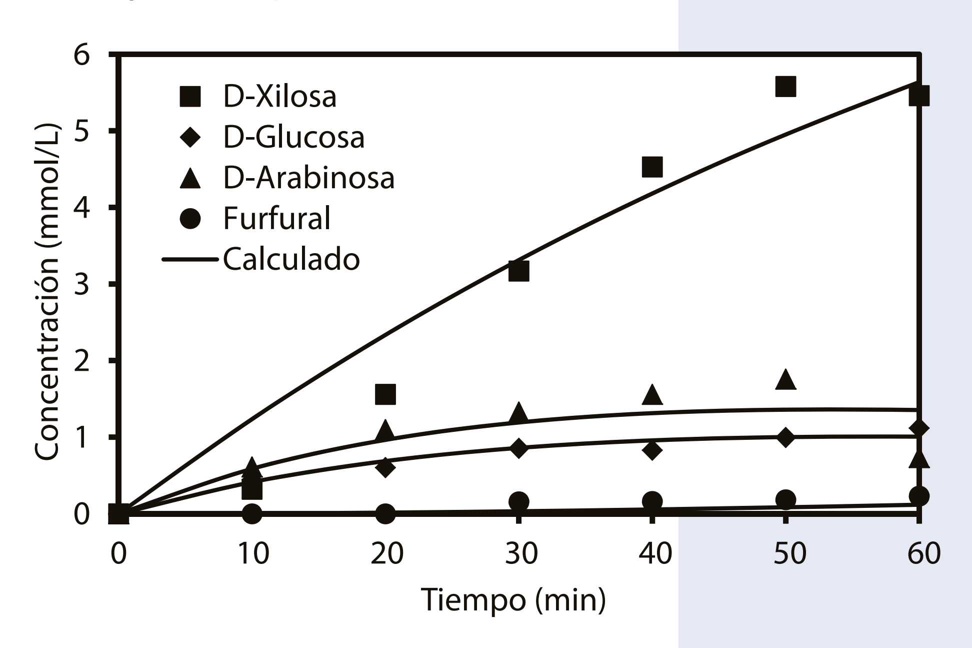


Figura 2. Valores experimentales y calculados de monómeros producidos durante la hidrólisis ácida de *Cenchrus ciliaris*. Condiciones experimentales: 0.16 mm, 0.15 M H_2SO_4, 120 °C.

A partir de las ecuaciones (1) y (2) y el tratamiento de los datos experimentales de la hidrólisis ácida se determinaron los valores de la constante cinética k_1 para cada condición experimental. La Figura 2 muestra los valores de la concentración de carbohidratos experimentales y los calculados por las ecuaciones (1) y (2) para las condiciones experimentales: 0.16 mm, 0.15 M de H_2SO_4 y 120 °C. En general, se obtuvo una buena concordancia de las predicciones del modelo con los datos cinéticos. La Tabla 1 resume los resultados obtenidos.

Tabla 1. Valores de la energía de activación aparente y factor preexponencial para la constante cinética de hidrólisis de hemicelulosa de *Cenchrus ciliaris*, k_1.

Tamaño de partícula (mm)	Concentración de H_2SO_4 (M)	Ea (kJ/mol)	A (min^{-1})
<0.053	0.05	105	1.0×10^{12}
<0.053	0.15	19	9.48
0.16	0.05	64	5.4×10^{6}
0.16	0.15	11	1.12

La Figura 3 muestra los valores experimentales y calculados de la velocidad de producción de glucosa durante la hidrólisis enzimática con celulasas de *Aspergillus niger* en función de la relación enzima-sustrato. Mediante el procedimiento descrito previamente se obtuvieron los valores de las constantes cinéticas: K_m=1.40 g/L y V_{max}=0.019 g/(Lmin). Se observa que el modelo de Michaelis-Menten (ecuación 3) describe satisfactoriamente la cinética de la hidrólisis enzimática en todo el intervalo experimental.

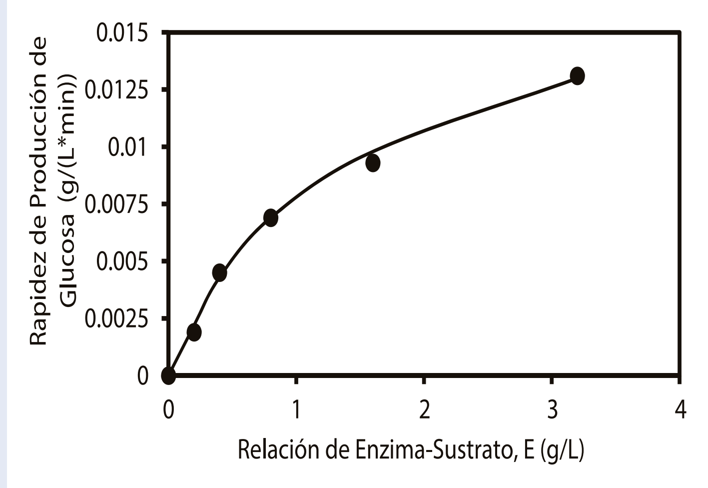


Figura 3. Valores experimentales y calculados de la rapidez de producción de glucosa durante la hidrólisis enzimática con celulasas de *Aspergillus niger*.

La relación enzima-sustrato óptima para la hidrólisis enzimática de la celulosa del residuo sólido obtenido del pretratamiento ácido fue de 3.2 g/L, obteniéndose 54% de hidrólisis de celulosa en 120 minutos de reacción.

Para la estimación del rendimiento teórico de producción de etanol se consideró como base de cálculo una tonelada de zacate *buffel*, considerando la composición y los factores metabólicos de conversión de los carbohidratos producidos. Los factores de conversión utilizados incluyen: 0.51 kg de etanol por kg de carbohidrato

consumido. La producción de etanol estimada fue de 422 L por tonelada de *Cenchrus ciliaris*.

A nivel laboratorio, al fermentar los productos de la hidrólisis ácida se obtuvo un rendimiento experimental correspondiente a 80 L por tonelada de zacate *buffel*, lo cual es posible incrementar aplicando el paso de hidrólisis enzimática de la celulosa. Analizando la concentración inicial de carbohidratos en el sistema de fermentación, se estima que la cantidad de etanol producido en la fermentación es de 2.5 g/L, la diferencia es atribuida al efecto del furfural, el cual inhibe el crecimiento del microorganismo responsable de la fermentación.

La Figura 4 muestra una comparación de la energía derivada del petróleo que es consumida para producir 1 MJ de combustible de diferente origen. La información de dicha gráfica procede de la literatura [12-14]. Se hace notar que la producción de etanol a partir de maíz y materiales lignocelulósicos consume aproximadamente 60% menos energía derivada del petróleo que la utilizada para producir gasolina.

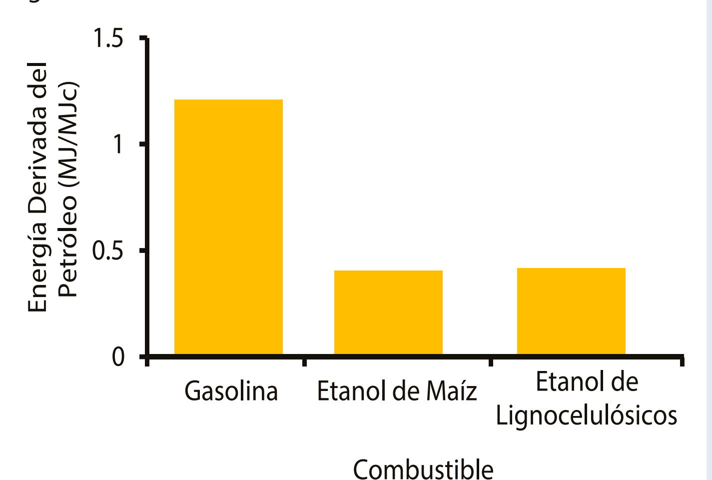


Figura 4. Energía derivada del petróleo requerida para producción de combustibles a partir de diferentes materias primas [12-14].

Similarmente, la Figura 5 presenta la comparación de las emisiones de gases de efecto invernadero en gramos de CO_2 equivalentes por MJ de combustible producido. Se observa que la producción de etanol de maíz emite tanto CO_2 como la producción de gasolina. Asimismo, las emisiones de N_2O durante la cosecha y recolección del maíz y de los residuos lignocelulósicos, son mayores que durante la producción de gasolina. Sin embargo, el etanol derivado de lignocelulósicos reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en 40% y 45% comparado con la gasolina y el etanol de maíz, respectivamente.

En función de sus características físicas y químicas, cabe esperar que el procesamiento a nivel industrial de *Cenchrus ciliaris* presente un comportamiento similar al mostrado en las Figuras 4 y 5 para otros materiales lignocelulósicos reportados en la literatura. Esto lo convierte en una materia prima factible para la producción de etanol por vías biotecnológicas.

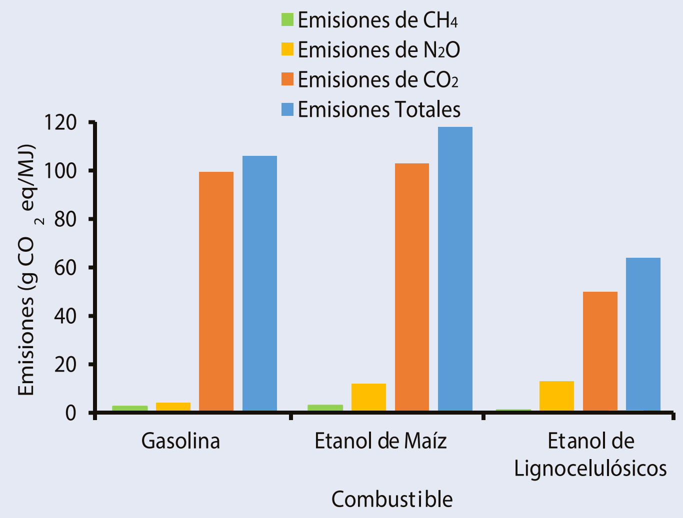
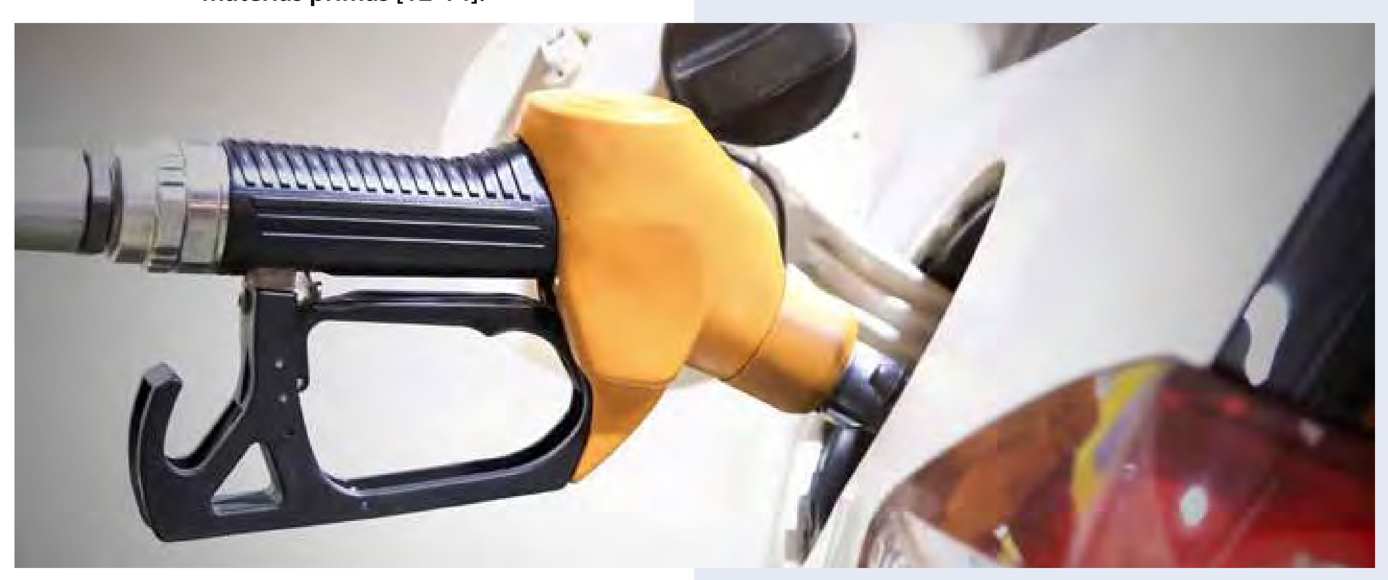


Figura 5. Emisiones de gases de efecto invernadero de combustibles [12-14].





CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se caracterizaron a nivel laboratorio las etapas de producción de etanol a partir de *Cenchrus ciliaris*: pretratamiento ácido, hidrólisis enzimática y fermentación. Los resultados de este estudio indican que la biomasa obtenida a partir de *Cenchrus ciliaris* presenta potencial como materia prima para la producción de etanol. Basado en la literatura, dicho potencial se fundamenta en rendimientos técnicos del proceso, así como en la posibilidad de reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y el consumo de energía derivada del petróleo por MJ de combustible producido.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Taherzadeh, and K. Karimi. "Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A review". Bioresources. Vol. 2(3), pp. 472-499, 2007.

[2] N. Sarkar, S. Kumar, S. Bannerjee, K. Aikat. "Bioethanol production from agricultural wastes: An overview". Renewable Energy, vol. 37, pp. 19-27, 2012.

[3] S. Kim, and B. Dale. "Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues". Biomass Bioenerg. Vol. 26(4), pp. 361-375, 2004.

[4] C. Wyman, B. Dale, R. Elander, M. Holtzapple, M. Ladisch, Y. Lee. "Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies", Bioresource Technology, vol. 96. pp. 1959-1966, 2005.

[5] S. Pingali, V. Urban, W. Heller, J. McGaughey, H. O'Neill, M. Foston, D. Myles, A. Ragauskas, B. Evans. "Breakdown of Cell Wall Nanostructure in Dilute Acid Pretreated Biomass", Biomacromolecules, vol. 11. pp. 2329-2335, 2010.

[6] C. Vásquez, C. Ruiz, D. Arango. "Production of anhydrous ethanol by extractive distillation with salt effect". Dyna rev. fac. nac. minas. Vol. 74(151), pp. 53-59, 2007.

[7] K. Franklin, K. Lyons, P. Nagler, D. Lampkin, E. Glenn, F. Molina-Freaner, T. Markow, and A. Huete. "Buffelgrass (Pennisetum ciliare) land conversion and productivity in the plains of Sonora, Mexico". Biological Conservation. vol. 127(1), pp. 62-71, 2006.

[8] R. Ramírez, A. Enríquez, F. Lozano. "Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México". CIENCIA UANL / vol. IV, No. 3, 2001.

[9] K. Encinas. "Estudio Cinético de la Formación de Xilosa por Hidrólisis con Ácido Sulfúrico Diluido de Cenchrus ciliaris". Tesis de Maestría. Universidad de Sonora, 2010.

[10] J. Flores. "Estudio Cinético de la Hidrólisis enzimática de Tejidos Pretratados con Ácido Sulfúrico Diluido de Cenchrus ciliaris". Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, 2010.

[11] J. Torrescano. "Obtención de Etanol a partir de Buffel". Tesis de Licenciatura. Universidad de Sonora, 2009.

[12] N. Brinkman, M. Wang, T. Weber, and T. Darlington. Well-to-wheels analysis of advanced fuel/vehicle systems –A North American study of energy use, greenhouse gas emission, and criteria pollutant emission, General Motors Corporation-Argonne National Laboratory-Air Improvement Resources, Inc. 238, 2005.

[13] MA. Delucchi. "A multi-country analysis of lifecycle emissions from transportation fuels and motor vehicles". Institute of Transportation Studies. University of California, Davis UCD-ITS-RR-05-10, 2005.

[14] J. Sheehan, V. Camobreco, J. Duffield, M. Graboski, and H. Shapouri. "Life cycle inventory of biodiesel and petroleum diesel for use in an urban bus". National Renewable Energy Laboratory. NREL/SR-580-24089, 1998.

[15] Microsoft Excel, 2013.

[16] M. Córdova. "Estadística Descriptiva e Inferencial, Aplicaciones". Quinta Edición. MOSHERA, 2003. https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_microwave_background.



GAS CIRCUNDANTE A UN HALO DE MATERIA OBSCURA

Gas around a dark matter halo

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Guillermo Arreaga García[1]
Silvio Oreste Topa[2]

Recibido: 20 de mayo de 2016,
Aceptado: 30 de octubre de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Guillermo Arreaga García
Correo: guillermo.arreagag@gmail.com

Resumen

Haciendo uso de la técnica SPH (Smooth Particle Hydrodynamic) hidrodinámica con partículas suavizadas, realizamos la evolución dinámica de una región representativa del Universo observable. Comparamos los resultados de un modelo cosmológico representado por dos simulaciones, a saber: la de base, en la cual la proporción del número de partículas de materia obscura y de gas es de uno a uno; y la simulación modificada, en la cual aumentamos el número de partículas de gas con la técnica conocida como Particle splitting, mientras dejamos el número de partículas de materia obscura sin cambio como una primera aproximación. El propósito de tales simulaciones es comparar las propiedades de aglomeración del gas, tanto del original como del adicional, en torno a un halo de materia obscura escogido. En este trabajo, nos conformamos con hacer una comparación cualitativa mediante gráficas, en las cuales mostramos como resultado principal que el gas adicional sigue un patrón filamental de formación de cúmulos densos dirigidos hacia el halo de materia obscura escogido.

Palabras clave: Hidrodinámica, técnicas computacionales, estructura de largo alcance del universo, cosmología.

Abstract

Making use of the SPH (Smooth Particle Hydrodynamic) technique, we carry out the dynamical evolution of a representative region of the observable Universe. We compare the outcomes of a cosmological model represented by two simulations, as follows: the base simulation, in which the proportion in the number of dark matter particles and gas particles is one to one; and the modified simulation, in which we increase the number of gas particles according the Particle splitting technique, while we leave the number of dark matter particles unchanged as a first approximation. The purpose of such simulations is to compare the agglomeration properties of the gas, both the original and the additional, around a chosen dark matter halo. In this paper, we settle for a qualitative comparison by means of plots, in which we show as the main result that the added gas follows a filament pattern of dense clumps formation toward the chosen dark matter halo.

Key words: *Hydrodynamics, mathematical procedures and computer techniques, large scale structure of the universe, cosmology.*

1 Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora/Correo: garreaga@cifus.uson.mx
2 Eesa N° 1 Tornquist, Provincia De Buenos Aires,Argentina/Correo: silviotopa@gmail.com



INTRODUCCIÓN

El modelo cosmológico teórico más exitoso hasta el hoy día, está basado en la teoría de la relatividad general y en el Principio Cosmológico, que postula que toda región del Universo es estadísticamente igual a cualquiera otra, siempre que las dimensiones espaciales de tales regiones sean muy grandes [1]. Tales dimensiones espaciales son por lo menos del orden de 100 Mpc (megapársecs: Un pársec es una unidad de distancia usada en astrofísica equivalente a $3.0857 \times 10^{16} m$). El problema cosmológico de interés físico hoy día, consiste pues en modelar (y eventualmente entender) la formación de agregados de materia en escalas de longitud mucho menores: por ejemplo, las galaxias y los grupos de galaxias visibles desde telescopios terrestres, son del orden de 1 Mpc, como el caso del Grupo Local de Galaxias; las nubes moleculares a partir de las cuales se forman las estrellas, son visibles en escalas de menos de un pársec o hasta decenas de pársecs. Cabe mencionar que en estas escalas galácticas y/o estelares, las diferentes regiones del Universo se ven radicalmente diferentes, pues el Principio Cosmológico ya no es aplicable [2].

En términos teóricos, esto significa que la física de un modelo cosmológico se obtiene de resolver las ecuaciones de Einstein aplicadas a una región grande del Universo, en la cual el Principio Cosmológico sea aún aplicable, de tal forma que dicha región se pueda modelar mediante un espacio-tiempo homogéneo e isotrópico. De hecho, las observaciones realizadas recientemente de la radiación de fondo (*Cosmic Microwave Background*) revelan que el Universo, después de una evolución temporal de apenas 400 mil años, era aún muy homogéneo, de tal forma que diferentes regiones compartían ya los mismos valores promedio de densidad de masa y temperatura [3]. Estas observaciones son una de las justificaciones más importantes del Principio Cosmológico. Ahora bien, una consecuencia muy importante de las ecuaciones de la relatividad general es que muestran que este tipo de espacio-tiempo homogéneo son dinámicos: en general se expanden.

Un ingrediente adicional muy importante para especificar completamente un modelo cosmológico es el contenido global de materia. Es común usar las cantidades adimensionales Ω_m y Ω_l para referirse al contenido de materia total (obscura y bariónica) y energía obscura, respectivamente. El contenido de materia más familiar para nosotros, porque todo en el planeta Tierra está hecho de este tipo de materia, se especifica por Ω_b y se le conoce como materia bariónica. Un elemento dinámico adicional que también permite definir el tipo de modelo cosmológico en consideración es la velocidad de expansión del Universo, que se especifica por la constante de Hubble, que se mide en km por segundo por Mpc, esto es H; o bien mediante un número adimensional denotado por h y que es tal que $H = h \times 100\ km\ seg^{-1} Mpc^{-1}$. En la siguiente seccion se van a especificar los valores usados en este articulo para caracterizar el contenido de materia y expansion del Universo.

En términos computacionales, una simulación cosmológica se lleva a cabo en una caja o volumen de



simulación, y la evolución se inicia en las etapas de alta homogeneidad, cuando el Principio Cosmológico es aún aplicable; se sigue la evolución temporal de esta región (delimitada por la caja de simulación) durante millones de años, de tal forma que pequeñas perturbaciones de densidad, plantadas a mano por el simulador, logran crecer hasta convertirse en las galaxias y estrellas que se observan hoy día a simple vista usando telescopios terrestres [4].

El desarrollo creciente de la capacidad de cómputo instalada y de fácil acceso en las universidades públicas; así como la propagación de la filosofía de compartir públicamente los códigos en la WEB 2, que se hace cada vez más popular y frecuente en el ámbito de la astrofísica, nos permiten hoy día estudiar el problema científico de la evolución del Universo en escalas cosmológicas, mediante simulaciones computacionales creadas usando únicamente códigos abiertos y libres. Este problema científico tiene importantes repercusiones, no sólo en el ámbito académico, sino también en el ámbito tecnológico; de hecho, varios de los grupos de cosmología computacional alrededor del mundo, promueven tanto el desarrollo de técnicas innovadoras de visualización como de nuevos y mejores algoritmos de cálculo [5].

Desde los años 70 se inició el área de simulaciones cosmológicas; de la mano con el avance en el hardware de los computadores, la resolución de las simulaciones (la resolución numérica es el producto del número de partículas usadas en una simulación por el rango espacial dinámico), ha crecido vertiginosamente en unos cuantos años: por ejemplo, en el año 2000, la simulación *Millennium* realizada principalmente por una colaboración entre Inglaterra y Alemania, requirió de un mes con toda la capacidad de cálculo del Centro de SuperCómputo del Instituto Max Planck en Garching, para evolucionar 10 mil millones de partículas de materia obscura usando la técnica SPH [6]. Más recientemente, la simulación *Illustris*, incluyó tanto materia obscura como gas, usando la técnica SPH, con un número de elementos dados por $1{,}820^3$, es decir, 6 028 568 000 partículas en total; adicionalmente, en el código de evolución también se incluyeron más procesos físicos relevantes, como el enfriamiento y la foto-ionización del gas, la formación estelar y la retro-alimentación dinámica estelar (*feedback*) [7]. Ambas simulaciones, *Millennium* e *Illustris* usaron variantes del código público GADGET, el cual será descrito brevemente en la siguiente sección, pues es el código que usamos para la realización de este trabajo.

MÉTODO

Consideremos una pequeña parte del Universo observable delimitado por una caja cúbica cuyo lado mide $L = 105\, Mpc$. Consideremos que el contenido inicial de materia está caracterizado por $\Omega_m = 0.2726$ y el contenido de energía obscura por $\Omega_l = 0.7274$. La suma de estas cantidades $\Omega_m + \Omega_l = 1.0$, que corresponde a un modelo de Universo plano en expansión dada por la constante de Hubble $H_0 = 100\, km\, seg^{-1} Mpc^{-1}$ y el factor de indeterminación h, está dado por $h = 0.704$. Estos valores escogidos para el contenido de materia son los más precisos que se hayan determinado usando las observaciones más recientes de la colaboración Planck 2013 [8]. La densidad media de masa en esta región del Universo por simular está dada entonces por $\rho = 2.61 \times 10^{-30} gr\ /\ cm^3$.

Aunque sabemos que la Edad del Universo es de aproximadamente 13,800 millones de años, en este trabajo vamos a considerar que el estado inicial de la simulación corresponde a un Universo de 7.6 millones de edad, sólo por hacer menos costoso el proceso de simulación computacional. Los astrofísicos y cosmólogos acostumbran referirse al tiempo de evolución del Universo en términos del factor de escala del Universo, denotado por $a(t)$, en el cual este tiempo inicial correspondería $a(t_i) = 0.007812$, mientras que el universo en el estado actual correspondería a un valor de $a(t_{actual}) = 1$; o bien, a un redshift inicial de $z = 127$, mientras que el universo actual correspondería a un redshift de $z = 0$.

Hasta el día de hoy, en las áreas de la astrofísica y la cosmología numéricas, existen principalmente dos escuelas de simulación, de acuerdo con la técnica computacional usada para seguir la evolución de la materia, a saber: de malla adaptable o de partículas. En este trabajo, nos limitamos a explorar solo algunos programas públicos desarrollados usando la técnica de partículas: en particular, con la técnica SPH (*Smooth Particle Hydrodynamics*), en la cual las partículas representan al fluido de tal forma que al hacer el seguimiento temporal de las partículas nos permite simular la evolución temporal del fluido [5].

Así, llevamos a cabo la evolución temporal usando el código público GADGET-2, escrito en Ansi C y liberado por Volker Springel [9]. El GADGET-2 nos permite obtener la solucion de las ecuaciones de Euler-Navier-Stokes de la hidrodinámica clásicas (es decir, sin incluir ningún efecto relativista, con excepción de la expansión) escritas en términos de la técnica SPH sobre un número finito de partículas. Así, cada partícula es afectada por la fuerza gravitacional de las demás partículas y por las fuerzas debidas a los gradientes de presión y viscosidad. Cabe señalar que todas las fuerzas se suavizan con un kernel tipo spline. Usamos la ecuación de estado del gas ideal para caracterizar la termodinámica del gas.

El GADGET-2 se basa en el método del árbol (*Particle-Mesh*) para el cálculo de las fuerzas gravitacionales entre partículas e incorpora las siguientes características estándar: (i) cada partícula i tiene su propia longitud de suavizado h_i; (ii) a las partículas también se les permite tener longitudes de suavizamiento gravitacional individuales ε_i, cuyos valores se ajustan de tal manera que en cada paso de tiempo $\varepsilon_i \times h_i$ es del orden de la unidad. GADGET-2 fija el valor de ε_i para cada paso de tiempo utilizando el valor mínimo de la longitud de suavizado de todas las partículas, es decir, si $h_{\{\min\}} = \min(h_i)$ para $i = 1, 2 \ldots \mathbb{N}$, entonces $\varepsilon_i = h_{\{\min\}}$ para , entonces . El código GADGET-2 tiene una implementación

de viscosidad artificial del tipo Monaghan-Balsara [10], [11], que consiste en agregar un término a la ecuación del momento según se establece en la segunda ley de Newton, de tal forma que esta fuerza de viscosidad permite simular la disipación de energía cinética en calor de fricción; esta fuerza se regula estableciendo los parámetros $\alpha_\nu = 0.75$ y $\beta_\nu = \frac{3}{2}\alpha_\nu$, véase la ecuación (14) en [9]. Nosotros aquí fijamos el factor de Courant al valor 0.1.

Para generar un conjunto de perturbaciones de densidad consistente con la teoría cosmológica que sean plausibles de ser usadas como condiciones iníciales en nuestras simulaciones, usamos el programa público N-GenIC escrito y liberado también por Volker Springel [12], el cual nos permite desplazar a las partículas inicialmente colocadas en el centro de una malla uniforme, de tal forma que el espectro de potencia teórico $P(k)$ en la representación de Fourier, con un número de onda definido por $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, tiene las características genéricas mostradas en la figura 1. La malla contiene 1,024 elementos de partición, por lo cual el rango de números de onda mínimo y máximo están dados por $k_{min} = 8.37 \times 10^{-2}\ h/Mpc$ y por $k_{max} = 8.57 \times 10^{1}\ h/Mpc$.

En la simulación base de este trabajo, el número de partículas de materia obscura (DM) y gas (G) están dadas por $N_{DM} = 2{,}097{,}152$ y por $N_G = 2{,}097{,}152$, respectivamente. En términos de la masa del sol $M_\odot = 1.99 \times 10^{33} gr$, la masa de una partícula de materia obscura es de $1.26 \times 10^{10} M_\odot$ mientras que la masa de una partícula de gas es de $2.54 \times 10^{9} M_\odot$. Por lo tanto, la masa total de la simulación es $3.17 \times 10^{16} M_\odot$ y la fracción de masa de la materia obscura es 0.832 mientras que la fracción de masa del gas es de 0.167.

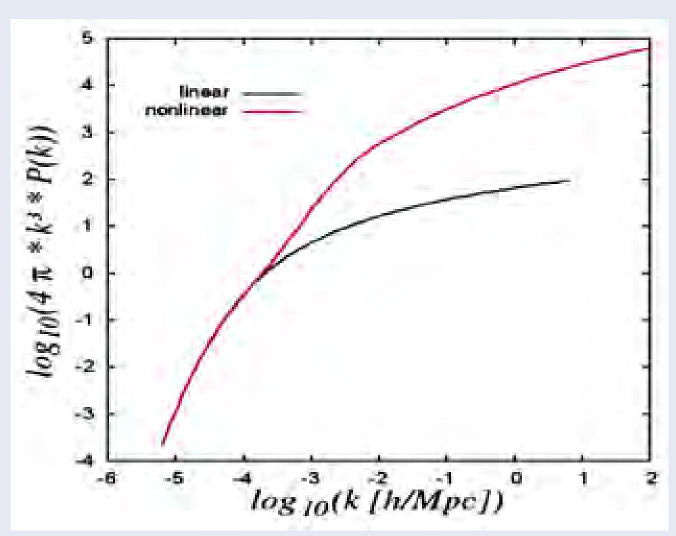


Figura 1. Espectro de potencia teórico.

Cabe señalar que el programa N-GenIC genera el conjunto inicial de partículas por parejas, esto es, por cada partícula de materia obscura hay una de gas. Una manera de mejorar el seguimiento de un componente particular de una simulación general es aumentando el número de partículas que se usa para representarlo en la caja de simulación. Por esta razón, una primera modificación de la simulación base que nos interesa probar en este trabajo es poner más partículas de gas en el volumen de simulación, de tal manera que por cada partícula de gas pondremos en su lugar Ng partículas de gas adicionales, pero con la masa inicial ajustada de tal forma que no cambien los parámetros globales de masa de la simulación.



De hecho, fue en simulaciones numéricas del colapso gravitacional, que esta técnica de multiplicación de partículas (*Particle splitting*) se introdujo, entre otros autores, por Kitsionas [13]. En cosmología numérica, variantes de esta técnica han sido usadas desde hace muchos años con el propósito de aumentar la resolución de una simulación que en general sólo incluían partículas de materia obscura, ver ejemplo en [14].

En la simulación modificada dejamos sin cambio a las partículas de materia obscura, por dos razones básicamente. La primera es que hay muchos trabajos de investigación en los que se demuestran las propiedades de convergencia en la evolución de la materia obscura, cuando se aumenta la resolución mediante un mayor número de partículas [14]. En esas primeras etapas, casi no se consideraba gas porque el interés principal estaba en escalas grandes y en la formación de los halos de materia obscura; tampoco se contaba con la capacidad de cómputo para considerar simulaciones con dos componentes de materia. La segunda razón es que queremos estudiar las propiedades de aglomeración del gas en el seno de un conjunto fijo de halos de materia obscura. Cabe mencionar que en las simulaciones hidrodinámicas del colapso gravitacional de nubes que se realizan para simular la formación estelar, cuando se aumenta el número de partículas, es posible a veces observar la aparición de efectos que corrigen a las simulaciones de menor resolución. De esta forma, los números totales de partículas para esta simulación modificada son ahora $N_{DM} = 2{,}097{,}152$ y $N_G = 23{,}068{,}672$, respectivamente. La masa de una nueva partícula de gas en esta simulación es de $2.54 \times 10^{8} M_\odot$.

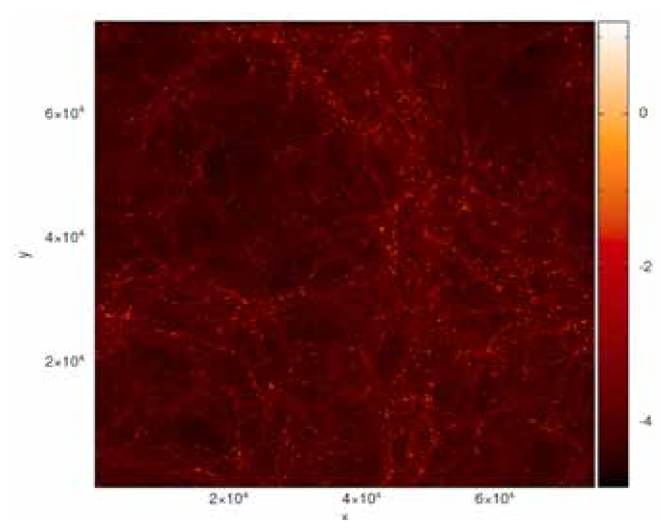


Figura 2. Corte transversal, paralelo al plano XY, con la distribución de partículas de materia obscura y de gas al tiempo $5.12 \times 10^{2} Mega - años$, o bien al redshift $z = 0.91$. La barra lateral indica log de la densidad (en unidades del código).

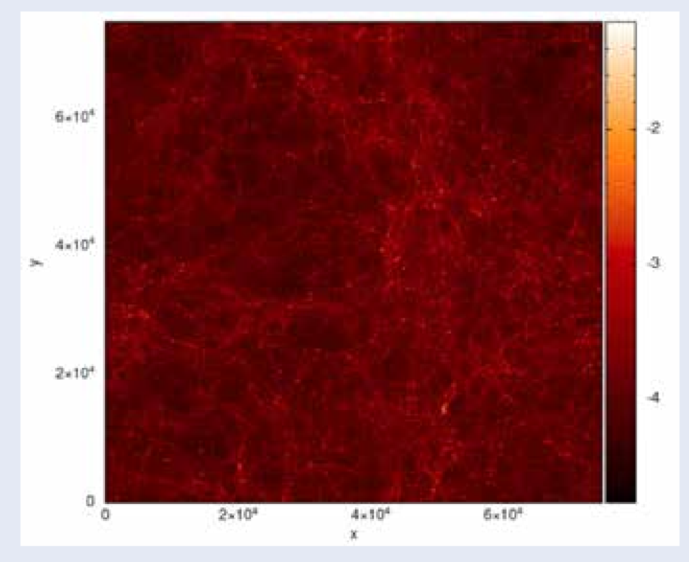


Figura 3. Corte transversal paralelo al plano XY después de $3.54 \times 10^{2} Mega - años$ o bien al redshift $z = 1.76$, con la distribución de materia encontrada para la simulación modificada.

RESULTADOS

La evolución temporal de la simulación de base requiere poco más de 500 horas de CPU, corriendo en paralelo en 20 procesadores INTEL Xeon a 3.2 Ghz del clúster científico Mezquite, propiedad del Área de Cómputo de Alto Rendimiento de la Universidad de Sonora. La evolución temporal de la simulación modificada es obviamente mucho más lenta que en el caso de la simulación base. Puesto que este tipo de simulaciones cosmológicas demandan un alto costo computacional, no es posible realizar más corridas usando sólo el equipo disponible en nuestra institución. Por esta razón, los objetivos de este trabajo se limitan a ser meramente ilustrativos de esta área del conocimiento en lugar de ser exhaustivos. Por ejemplo, no hemos realizado aquí un estudio de consistencia de las simulaciones con respecto a parámetros importantes de las corridas, que fueron fijados siguiendo la manera usual, que se sabe funciona, aprovechando nuestra experiencia haciendo simulaciones numéricas en otras áreas afines [15].

Con el propósito de visualizar el resultado de la evolución temporal, usamos el código público SPLASH, escrito y liberado por Daniel Price [16], de tal forma que un corte transversal de la caja para las simulaciones de base y modificada se muestra en las figuras 2 y 3, respectivamente. Es interesante destacar la estructura fibrada que se observa en estas figuras. Las regiones más brillantes representan materia con estados de densidad mayor, de acuerdo con la escala de colores que se muestra en la parte derecha de cada figura. Se debe notar que en la figura 2 hay más regiones obscuras que en la figura 3: esto se debe al gas adicional que hemos proporcionado en la simulación modificada.

Una manera de comparar los resultados de las simulaciones, es aplicando el programa FoF_Special escrito y liberado por Volker Springel [17]. Este programa permite determinar las partículas que se agrupan formando cúmulos más densos mediante la técnica de *Friends of Friends*. Este algoritmo FoF_Special usa una longitud de ligamiento, que en este trabajo se fija como un factor 0.1de la separacion minima promedio de las particulas. De tal forma que una partícula queda ligada a otras, siempre que éstas estén a menor distancia de la primera que esa longitud de ligamiento. Los cúmulos de partículas ligadas pueden representar tanto halos de materia obscura como nubes de gas.

Para la simulación de base, usando una longitud de ligamiento de $110{,}251\, kpc/h$, fueron encontrados 1’362,988 grupos, pero sólo 3,100 grupos tuvieron más de 32 partículas de materia obscura; el grupo mayor localizado contiene 24,044 partículas, de las cuales 12,995 son de materia obscura y 11,049 de gas. Para la simulación modificada, usando una longitud de ligamiento de $109{,}643\, kpc/h$, encontramos 1’582,469 grupos de partículas, aunque sólo 2,433 grupos tuvieron más de 32 partículas de materia obscura. El grupo mayor localizado contiene 66,801 partículas, de las cuales 5,749 son de materia obscura y 61,052 son de gas.

Se debe notar que las longitudes de ligamiento son prácticamente del mismo orden en ambas simulaciones. En el grupo mayor de la simulación de base, la proporción de partículas obscuras y de gas ligadas es muy similar: 54% y 45%, respectivamente. En la simulación modificada estas proporciones cambian drásticamente: 9% de las partículas ligadas son de materia obscura mientras que 91% son de gas.



Una representación gráfica de los resultados obtenidos se muestra en las figuras 4 y 5, en las cuales se debe notar que los grupos se distribuyen en todo el volumen de simulación, aunque si se alcanza a notar que los grupos siguen estructuras longitudinales, de acuerdo con lo observado previamente en las figuras 2 y 3. Comparando estas figuras 4 y 5, se puede ver que el gas adicional de la simulación modificada se distribuye en torno a los halos de materia obscura encontrados previamente en la simulación de base. Esta es una buena señal, pues indica que hay consistencia en las dos simulaciones de este trabajo.

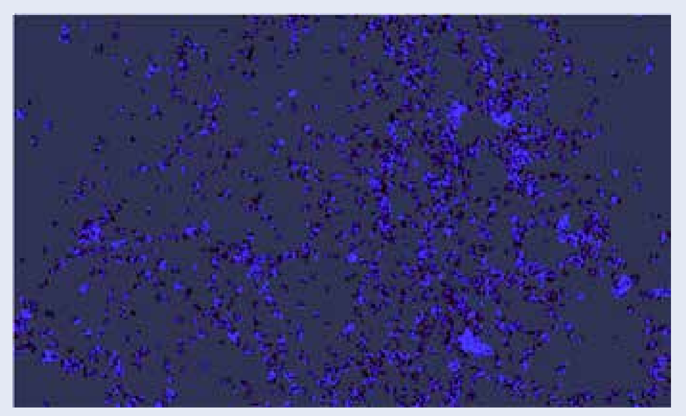


Figura 4. Corte transversal paralelo al plano XY para mostrar los grupos localizados para la simulación cosmológica de base: en azul se muestran los grupos de materia obscura y en rojo los grupos de gas.

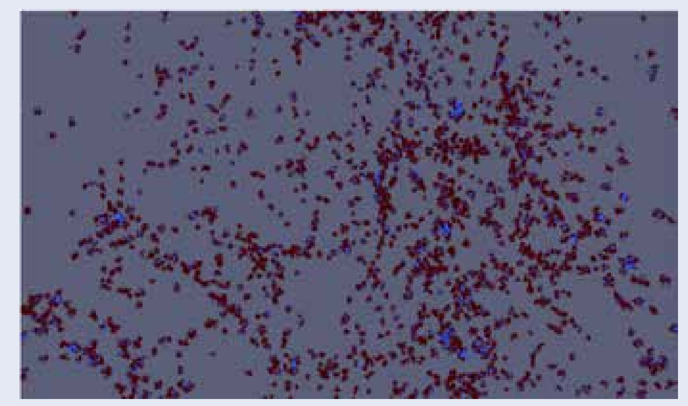


Figura 5. Corte transversal paralelo al plano XY para mostrar los grupos localizados para la simulación cosmológica modificada: en azul se muestran los grupos de materia obscura y en rojo los grupos de gas.

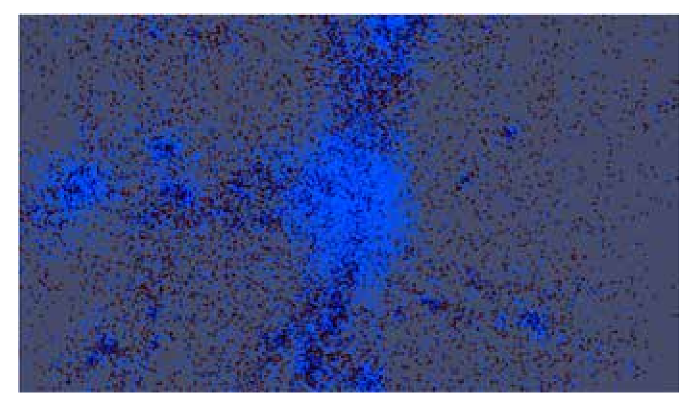


Figura 6. Corte transversal paralelo al plano XY para mostrar la región del halo mayor encontrado en la simulación base: las partículas de materia obscura se indican en color azul y las de gas en color rojo.

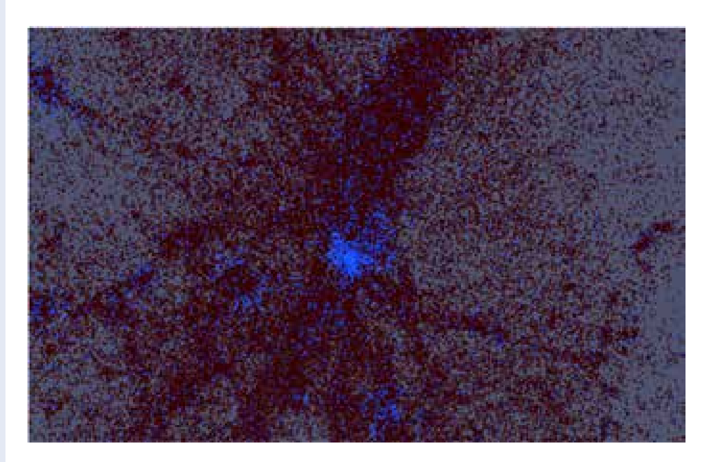


Figura 7. Corte transversal paralelo al plano XY para mostrar la región del halo mayor encontrado en la simulación modificada: las partículas de materia obscura se indican en color azul y las de gas en color rojo.

Conviene hacer ahora un acercamiento al grupo mayor detectado por el programa FoF_Special, pues este grupo constituye el halo más grande tanto en las simulaciones de base como modificada, que se muestran en las figuras 6 y 7, respectivamente. Esta comparación visual nos permite detectar ligeros cambios en la estructura de los halos de materia obscura y en el gas circundante, lo cual es otra buena señal pues demuestra consistencia entre las dos simulaciones cosmológicas consideradas en este trabajo.

Se debe mencionar que en la construcción de las figuras 6 y 7, usamos el suavizamento de imagen conocido como *rendering*, sólo para el valor proporcional a la densidad de las partículas de gas mientras que para las partículas de materia obscura solo se ha colocado en punto azul en sus posiciones. La densidad del gas fue normalizada con la densidad media del volumen de la simulación, y a este cociente de densidades se le calculó el logaritmo de base 10; a este valor se le aplica el *rendering*. Así pues, cuando la densidad de tales partículas es menor que la densidad media, nos queda un valor negativo en la columna para suavizar; cuando la acumulación de gas es notable, nos queda un valor positivo en dicha columna.

Otra posible pareja de figuras para comparar la misma región se puede construir usando suavizamiento de imagen o *rendering* usando el valor proporcional a la densidad a todas las partículas disponibles en las simulaciones, tanto de gas como de materia obscura, en la siguiente forma: fijando para éstas últimas el valor arbitrario de cero. Entonces el valor en la columna por suavizar es siempre cero para la materia obscura. El resultado de este procedimiento para las simulaciones de base y modificada se ve en las figuras 8 y 9, respectivamente.

Vale la pena señalar que las figuras 6, 7, 8 y 9 fueron elaboradas usando el código público de visualización conocido como Paraview [18].

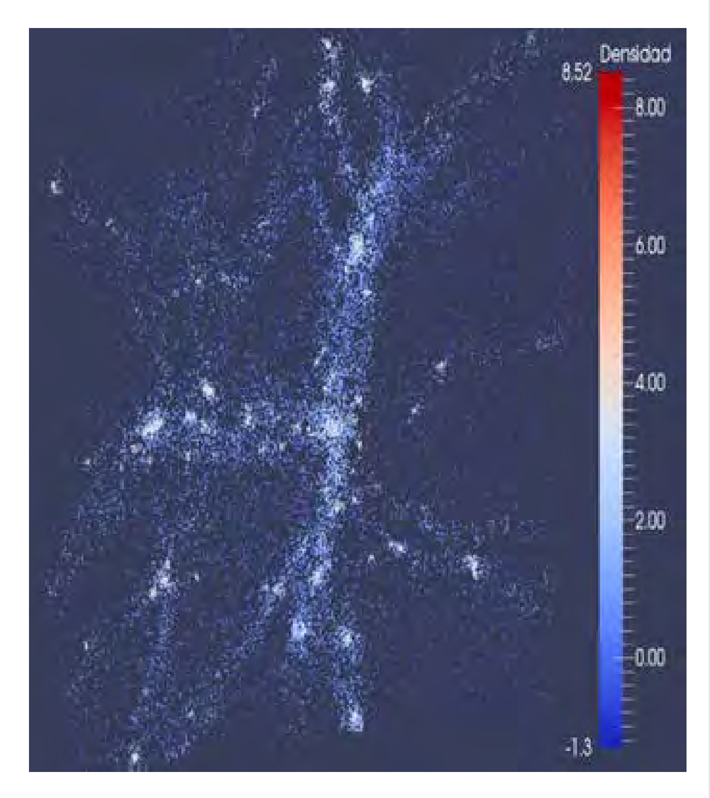


Figura 8. Corte transversal paralelo al plano XY para mostrar la región del halo mayor encontrado en la simulación base. La escala de colores para la densidad se muestra en la barra vertical.

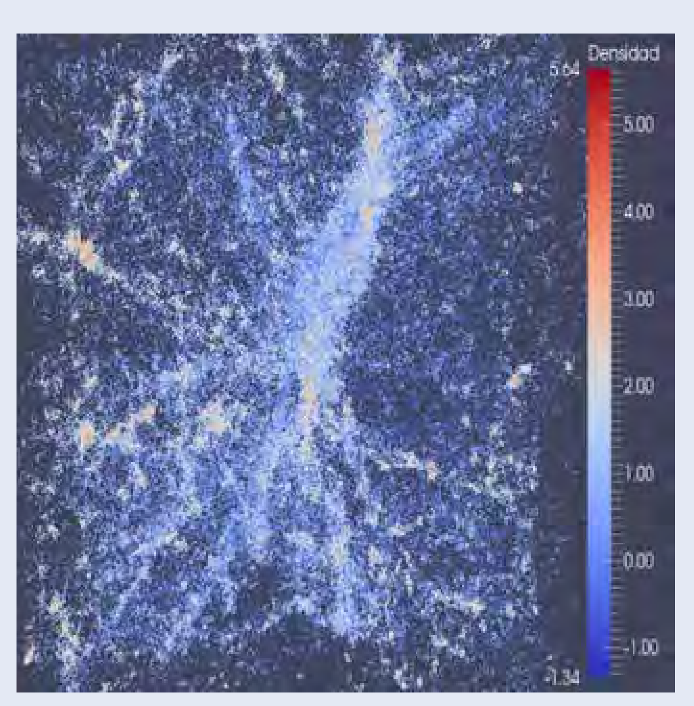


Figura 9. Corte transversal paralelo al plano XY para mostrar la región del halo mayor encontrado en la simulación modificada: en la barra vertical de la derecha se ve la escala de colores para suavizar la densidad.

DISCUSIÓN

Como la escala de colores se escogió igual en ambas figuras 8 y 9, es posible establecer una comparación en la distribución de materia, aunque los valores extremos detectados en la columna suavizada, no son iguales en ambas simulaciones, como se puede apreciar en la barra vertical colocada en la parte derecha de cada figura.

Con respecto a la figura 8, que corresponde a la simulación base, comentamos que en color rojo se ven las partículas menos densas, las que se encuentran dispersas en los alrededores de la región central. La materia obscura se ve en color anaranjado (y colores entre rojo y amarillo, por lo cual notamos que la región central del halo está formado básicamente por materia obscura; también se ven varios halos de materia obscura de menor tamaño en toda la zona circundante al halo central, siendo los halos secundarios más significativos aquellos localizados en la parte izquierda y arriba del halo primario (el central). Las partículas de gas con densidades intermedias crecientes se ven en colores amarillo y verde; se puede notar cierto traslape entre algunos halos menores de materia obscura y estas agregaciones de gas de densidad media. Es necesario hacer un acercamiento (zoom in) en la gráfica para detectar un par de puntos azules, en los cuales la densidad del gas alcanzó el valor máximo detectado en la columna suavizada, el cual se muestra en la parte superior de la barra vertical de colores; y como era de esperarse, tales puntos azules se localizan cerca del núcleo en el halo primario en la región central.

Con respecto a la figura 9, aclaramos que el gas adicional en la simulación modificada se ve en color verde; se ve claramente el halo primario de materia obscura y con alguna dificultad, también se pueden observar algunos de los halos de materia obscura secundarios circundantes al central. De hecho, al igual que en la simulación base de la figura 8, se distingue claramente el brazo grueso que sale del halo central en la dirección noreste. Se puede apreciar la formación de condensaciones bien definidas de este gas (en color verde) a lo largo de múltiples filamentos secundarios conectados al halo principal desde varias direcciones de la zona oeste con respecto de la región central. Estos múltiples filamentos no aparecen todos en la simulación base de la figura 8. En color azul claro se pueden apreciar a simple vista, varias condensaciones de gas con densidades altas; sin embargo, no se ve en donde está localizada la concentración de gas que alcanza la densidad máxima registrada en la barra vertical. Si se trata de un par de puntos aislados como en la simulación de base, entonces es probable que el gas semi-denso en color verde se traslape con la región central hasta ocultar tal concentración.

CONCLUSIÓN

Se sabe que la formación de estructura en el Universo es un proceso muy complejo de evolución dinámica, en el cual ocurren fenómenos de transporte de masa, momento y energía mediante la interacción hidrodinámica de diferentes fluidos auto-gravitantes.

Como era de esperarse, la distribución de materia obscura observada en la simulación de base, cambia ligeramente en la simulación modificada. Cuantificar estos efectos del gas adicional sobre la simulación es muy importante, ya que es el gas el componente básico que constituye a las galaxias, cuyas propiedades físicas se presentan en los catálogos observacionales, que se han ya construido por ejemplo, WMAP (*The Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), SDSS (*The Sloan Digital Sky Survey*) o bien que se están construyendo hoy día, como DES (*the Dark Energy Survey*) y usando equipo con tecnología de punta, como el SPT (*The South Pole Telescope*), ACT (*Atacama Cosmology Telescope*) y LSST (*Large Synoptic Survey Telescope*).

Conviene destacar que las simulaciones cosmológicas mostradas en este artículo constituyen un primer paso de un proyecto más ambicioso para simular la formación de estructura a nivel cosmológico con gas incluido. En una aproximación posterior a este problema científico, estableceremos una técnica cuantitativa para comparar la distribución del gas adicional en torno al halo de materia obscura, ya que por falta de espacio, no es posible realizar ese análisis en este artículo.

Debemos aclarar que un beneficio adicional de este trabajo es mostrar y comentar acerca de las herramientas libres disponibles hoy día para la realización de simulaciones cosmológicas, puesto que no siempre han estado disponibles los códigos necesarios.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al ACARUS de la UNISON, por las facilidades prestadas durante la realización de las simulaciones aquí presentadas.

BIBLIOGRAFÍA

T. Padmanabhan, “Structure Formation in the Universe”, Cambridge University Press, 1998.

[2] P. Coles and F. Lucchin, “Cosmology: the origin and evolution of cosmic structure”, Wiley, 2002.

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_microwave_background.

[4] M. Longair, “Galaxy Formation”, Springer-Verlag, 1998.

[5] G.R. Liu, “Smoothed Particle Hydrodynamics”, World Scientific Printers, 2003.

[6] The Millennium Simulation Project, 2000, http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/galform/virgo/millennium/

[7] The Illustris Simulation: Towards a predictive theory of galaxy formation, 2013, http://www.illustris-project.org/.

[8] The Planck Collaboration, “Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters”. ArXiv: 1303.5076.

[9] V. Springel, “A code for cosmological simulations of structure formation”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 364, pp.1105-1134, 2005. Ver también la liga http://wwwmpa.mpa-garching.mpg.de/~volker/gadget/

[10] J. J. Monaghan and R. A. Gingold, “Shock simulation by the particle method SPH,” *Journal of Computational Physics*, vol. 52, no. 2, pp. 374–389, 1983.

[11] D. S. Balsara, “von Neumann stability analysis of smoothed particle hydrodynamics—suggestions for optimal algorithms,” *Journal of Computational Physics*, vol. 121, no. 2, pp. 357–372, 1995.

[12] http://www.h-its.org/tap-software-en/ngenic-code/

[13] S. Kitsionas and A.P. Whitworth, “Smooted particle Hydrodynamics with Particle splitting, applied to self-gravitating collapse”, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 330, Issue 1, pp. 129-136,2002.

[14] E. Bertschinger, “SIMULATIONS OF STRUCTURE FORMATION IN THE UNIVERSE”, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, Vol. 36: 599-654, 1998.

[15] http://guillermoarreagag-difusunison.blogspot.mx

[16] D. Price, Daniel, SPLASH: a free and open source visualisation tool for Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) simulations, 2015. Ver la liga http://users.monash.edu.au/~dprice/splash/.

[17] http://obswww.unige.ch/lastro/misc/TP4/doc/rst/Exercices/Ex05.html

[18] Paraview, an open-source, multi-platform data analysis and visualization application, http://www.paraview.org/.

SUPERNOVAS, FAROS EN EL UNIVERSO: MEDICIÓN DE LA DISTANCIA A ASASSN-15hx

Supernovas, lighthouses in the universe: measuring the distance to ASASSN-15hx

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Ramona Núñez López[1]
Diana Laura Pacheco Cabanillas[2]
Julio Saucedo Morales[3]
Pablo Loera González[4]
Lorenzo Olguín Ruíz[5]

Recibido: 23 de junio de 2016,
Aceptado: 25 de octubre de 2016

Autor de Correspondencia:
Dra. Ramona Núñez López
Correo: ramona.nunez@caborca.uson.mx

Resumen

Difícil pensar en un evento astronómico tan relevante y polifacético como la gigantesca explosión de supernova, que en breves segundos destruye su estrella, creando un gran número de elementos pesados. El inmenso brillo de las supernovas permite observarlas a enormes distancias, para así obtener información cosmológica. En este trabajo abordamos en general el tema de supernovas, enfocándonos luego al estudio de la supernova de tipo Ia ASASSN-15hx. Presentamos las observaciones realizadas en diferentes filtros y mostramos un método basado en el ancho de su curva de luz para estimar su distancia y corrimiento al rojo. Los valores obtenidos coinciden con información encontrada en la literatura y las incertidumbres obtenidas están dentro del rango de las encontradas con otros métodos.

Palabras clave: Supernovas, observación astronómica, distancia extra galáctica.

Abstract

It is hard to think of an astronomical phenomena as relevant and photogenic as the gigantic supernova explosion that in a few seconds destroys its own star, while creating a large number of heavy elements. The immense light of supernovae allows to observe them at enormous distances, making it possible to obtain cosmological information. In this paper we describe supernovae in general, focusing afterwards on the study of Type Ia supernova ASASSN-15hx. We present observations at different filters and show a based on the light curve method for to estimate its distance and redshift. The obtained values match with information found in the literature and the obtained uncertainties are in the range of those obtained with other methods.

Keywords: *Supernovae, astronomical observation, extragalactic distance.*

1 Unidad Caborca, Universidad de Sonora / Correo: ramona.nunez@caborca.uson.mx
2 Pasante. Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: dianalaura-12@hotmail.com
3 DIFUS, Universidad de Sonora / Correo: jsaucedo@cifus.uson.mx
4 DIFUS, Universidad de Sonora /Correo: pabloloerag@gmail.com
5 DIFUS, Universidad de Sonora / Correo: lorenzo@astro.uson.mx



INTRODUCCIÓN

La "inmutabilidad del cielo" fue un paradigma aceptado por Aristóteles y otros pensadores de la antigüedad. No obstante, a través del tiempo, se observaban fenómenos astronómicos que lo ponían en duda. Diversas culturas, meticulosamente registraron "estrellas invitadas". Algunas de éstas pudieron haber sido cometas o explosiones estelares. En muchos casos es difícil saber el tipo de objeto observado, pero hay 6 registros ahora conocidos como *supernovas históricas*, para los cuales hay evidencia inequívoca de su naturaleza por haberse encontrado una prueba tangible: su remanente de supernova [1]. Las supernovas históricas se descubrieron en 185, 1006, 1054, 1181, 1572 y 1604 D.C. Para denotarlas se escribe "SN" seguido del año de descubrimiento. Actualmente se observan cientos cada año, por lo que se añade una o varias letras en orden alfabético, de acuerdo al orden de descubrimiento. Las supernovas históricas ocurrieron en la Vía Láctea y no se ha observado otra en nuestra galaxia desde 1604. Ninguna supernova en la Vía Láctea ha sido observada por telescopio, cuyo uso astronómico comenzó en 1609.

supernovas históricas

Las supernovas históricas nos enseñan mucho acerca de las propiedades básicas de las supernovas. La evolución en el brillo puede estudiarse *grosso modo* de los registros históricos. Por ejemplo, SN1006 fue descubierta en 1006 como un débil punto en la constelación del Lobo que fue aumentando de brillo ante los asombrados ojos del mundo (hay registros de China, Japón, Suiza, Egipto e Irak) hasta llegar a ser mucho más brillante que Venus [2, 3]. SN1572 fue estudiada por Tycho Brahe, motivo por el cual lleva su nombre. Dicha supernova se observó en Casiopea hasta 1574, llegando a ser visible incluso de día. Treinta años después, aparece en Ofiuco la *supernova de Kepler,* llamada así por el estudio de Johannes Kepler. Esta supernova atrajo la atención de Galileo, quien al observar que permaneció fija respecto a las estrellas, concluyó que se trataba de un objeto nuevo en el cielo; argumento que utilizó para atacar la visión Aristotélica de la inmutabilidad e incorruptibilidad del cielo.

Históricamente, SN1054 ha sido una guía valiosa para aprender sobre remanentes de supernova. En 1731, John Bevis descubre una nube en Tauro, misma que fue redescubierta en 1758 por Charles Messier, quien la designa M1. Por su estructura filamentosa parecida a un cangrejo, se le conoce como la *Nebulosa del Cangrejo* (Figura 1). En 1929, Edwin Hubble, concluye que M1 es el remanente de la supernova que registraron los chinos en 1054.

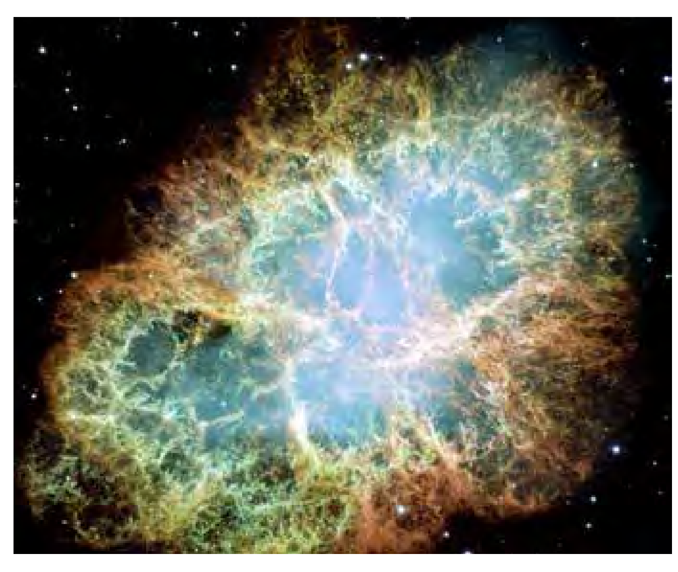
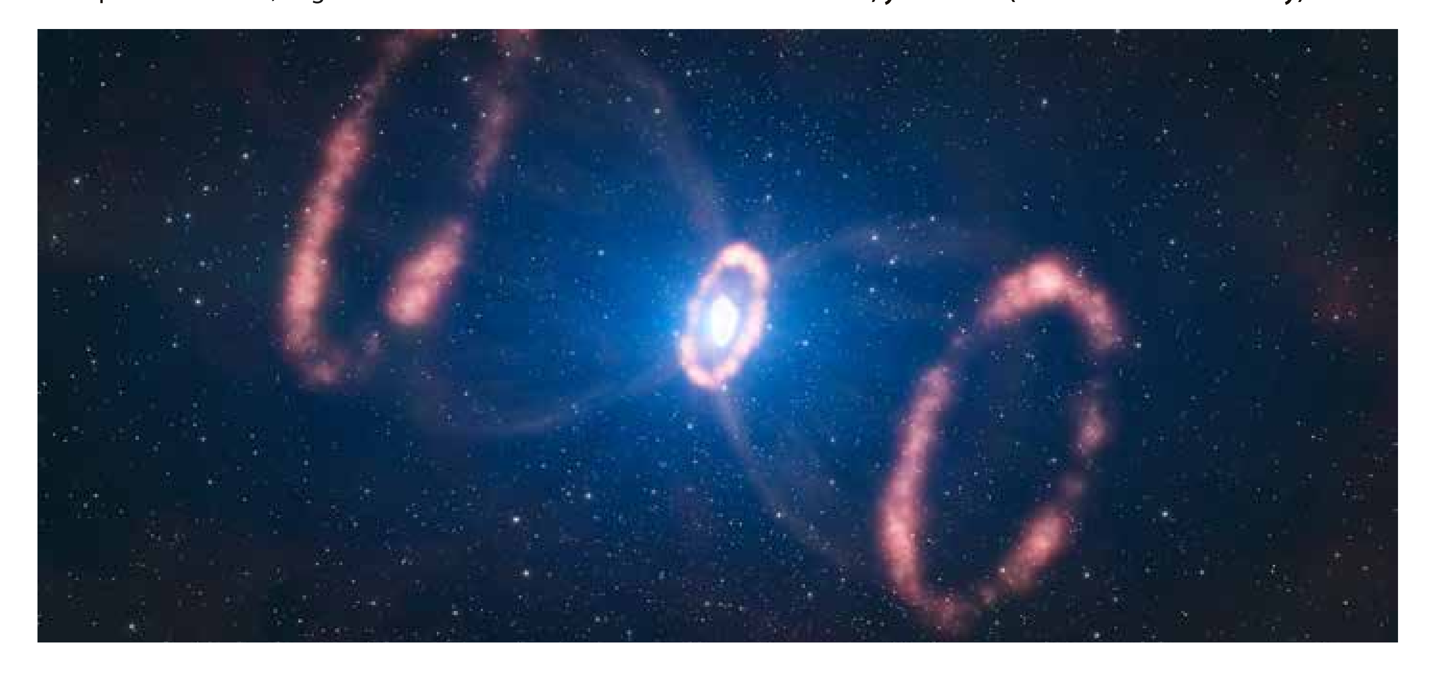
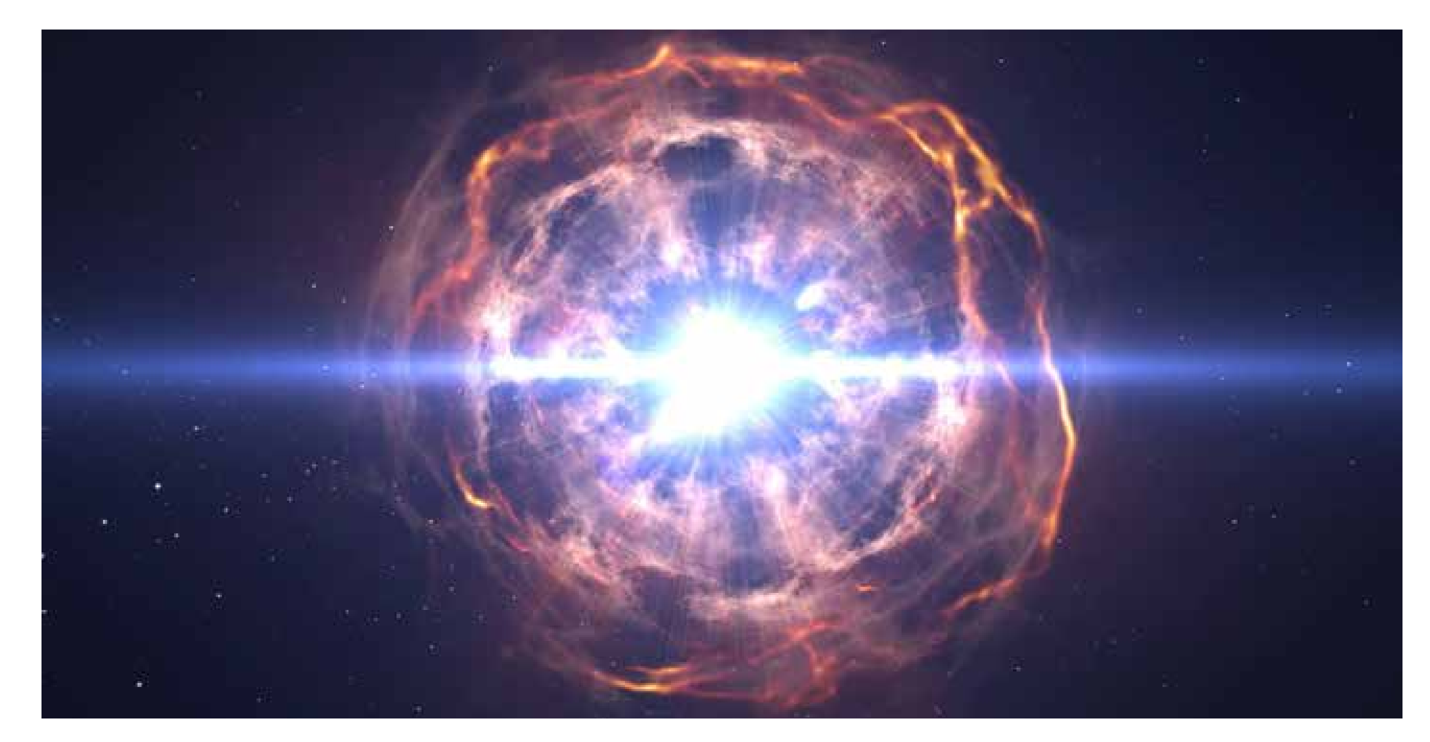


Figura 1. Nebulosa del Cangrejo. Créditos: NASA, ESA, y J. Hester (Arizona State University).





En los pasados 412 años no se han visto supernovas galácticas, pero se sabe de al menos dos que hubieran podido ser vistas de no haber sido tan fuertemente oscurecidas por polvo interestelar en la Vía Láctea. Sabemos que fueron supernovas porque se descubrieron sus respectivas remanentes: Casiopea A, que hubiera sido vista en 1667, y G1.9+0.3, en Sagitario, en 1868. Además de éstas, se han encontrado remanentes de hace miles de años. Hay muchas más por descubrir, ya que se estima que cada siglo ocurren 2 supernovas en la Vía Láctea.

SUPERNOVAS EXTRAGALÁCTICAS Y EL ESTUDIO MODERNO DE LAS SUPERNOVAS

En 1885 Hatwik descubrió S Andromedae (SN1885A), la primera supernova extragaláctica [4]. Se determinó que la energía de S Andromedae era varios miles de veces superior [5] al de una nova (una nova clásica libera ~10^{37} Joules durante la explosión mientras que una supernova la emite ~10^{44} Joules), y que además, su espectro era muy distinto. Para diferenciar estas explosiones Baade y Zwicky acuñaron el nombre de supernova [6] y propusieron que se trataba de una etapa de transición de una estrella ordinaria en una de neutrones [7], objeto relativamente pequeño (10 a 20 km), con una masa enorme (de 1.4 a 5 masas solares). Otra contribución de Zwicky, fue iniciar la búsqueda sistemática de supernovas, logrando descubrir 19, incrementando en 150% el número de las que se conocían [8]. Actualmente se tiene registro de alrededor de 9000 [9].

Solamente una supernova ha sido visible a simple vista después de 1604: SN1987a (Figura 2). Fue descubierta en el Observatorio Las Campanas, Chile, por Shelton y Duhalde el 24 de febrero de 1987, en la Gran Nube de Magallanes, galaxia satélite de la nuestra, a 168,000 años luz de distancia. Su cercanía no solo permitió obtener los datos más precisos de una supernova, sino algo más importante aún: la detección de neutrinos [10], crucial para comprender el mecanismo de colapso en supernovas [11].

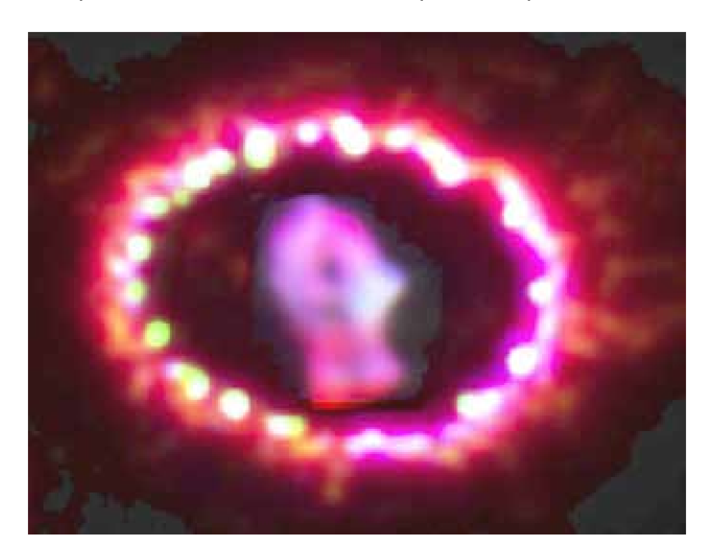


Figura 2. Remanente de la Supernova 1987a. Créditos: NASA, ESA, y P. Challis (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics).

clasificación de supernovas

Las supernovas se clasifican por las líneas de su espectro óptico [12], y por las propiedades de su curva de luz. Las SN I no exhiben líneas de hidrógeno, mientras que las SN II sí. Las SN I se subdividen en SN Ia, SN Ib y SN Ic. Las SN Ia se distinguen por mostrar una fuerte línea de absorción de

Si II 6150 Å en su espectro temprano, y multitud de líneas de hierro en el tardío [13]. Las SN Ib presentan He I 5863 Å, mientras que las SN Ic no presentan ni Si ni He (Figura 3). Aunque las curvas de luz de las SN I son similares, las SN Ib son 4 veces más débiles que las SN Ia. Por su parte, las SN II se subdividen de acuerdo a la forma de su curva de luz: SN II-L si es lineal o SN II-P si es plana. Entre éstas, las SN II-L muestran un comportamiento más parecido al de las SN I (Figura 4).

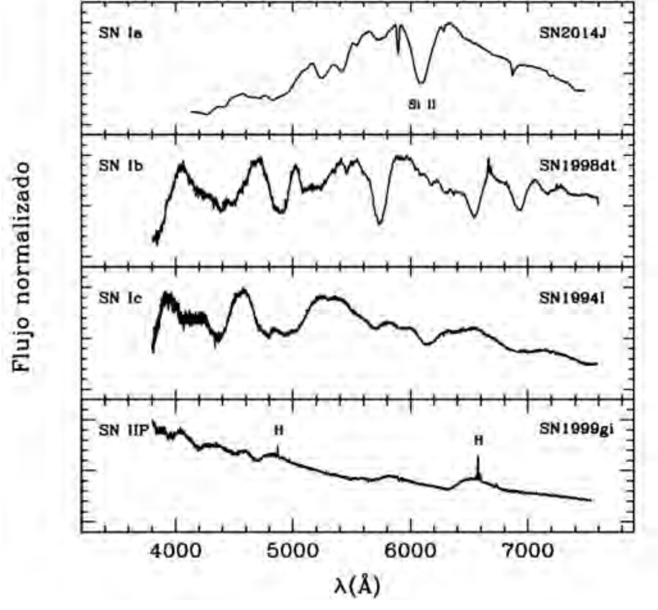


Figura 3. Espectros de supernovas. SN2014J fue observada por nuestro grupo (el 28 de enero de 2014, utilizando el telescopio de 2 m del Observatorio Astrofísico Guillermo Haro OAGH, equipado con el espectrógrafo Boller and Chivens y el detector CCD SITe), SN1998dt fue tomada de la base de datos UC Berkeley SN Database, SN1994i y SN1999gi fueron tomadas del CfA Supernova Archive.



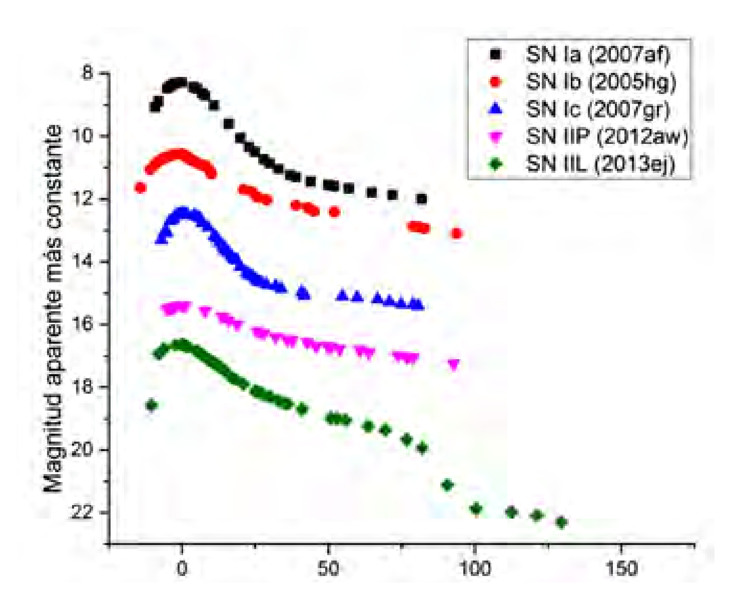


Figura 4. Curvas de luz de supernovas. Los datos para construir la curva de 2007af fueron tomados de [14], la de 2012aw de [15], la de 2005hg de [16], la de 2007gr de [17] y la de 2013ej de [18].

Las supernovas tipo Ia son las únicas que se observan en toda clase de galaxias. Las otras únicamente ocurren en brazos de galaxias espirales; es decir, en regiones de formación estelar reciente. Esto llevó a pensar que los progenitores de las SN Ia son objetos que pudieron haberse formado hace mucho tiempo, como es el caso de las enanas blancas.

MECANISMOS DE EXPLOSIÓN DE LAS SUPERNOVAS

Una nova es una explosión termonuclear en la superficie de una enana blanca, al caer material de una compañera en un sistema binario, en la cual no se destruye la enana blanca. La nova puede ser recurrente (el evento explosivo se repite) mientras la enana blanca siga recibiendo materia de su compañera. Algo muy distinto sucede cuando cae materia sobre la enana blanca y ésta supera la masa límite de Chandrasekhar: sobreviene una explosión termonuclear que la destruye totalmente. Este es el mecanismo que explica a las SN Ia [19]. Como su masa límite tiene un valor "fijo" de 1.4 masas solares, puede pensarse que su brillo intrínseco es constante, motivo por el cual se utilizan como "candelas estándar" (o más apropiadamente, estandarizables). Por esta razón, son útiles para obtener información cosmológica. Una prueba de esto fue el descubrimiento de que el Universo no sólo se expande sino que está acelerando su velocidad de expansión [20, 21].

Exceptuando a las de tipo Ia, las demás supernovas ocurren por colapso del núcleo en la etapa final de estrellas masivas, al convertirse su núcleo en hierro [22]. Del hierro ya no es posible obtener energía de fusión y la

estrella es incapaz de mantener el gradiente de presión necesario para soportar su peso. Ésta puede caer sin freno y convertirse en un agujero negro, o bien, encontrar algo sumamente denso que la hace rebotar, enviándola en un viaje sin retorno al espacio; convirtiéndose en remanente de supernova. En este último caso, queda además una estrella de neutrones que por su fuerte campo magnético puede manifestarse como un pulsar. A varios remanentes de supernova se les ha encontrado pulsar, siendo el más famoso de todos el de M1, encontrado en 1967 por F. Paccini, por lo que hoy sabemos que SN1054 fue de tipo II.

MÉTODO DE TRABAJO

Dada la importancia científica de las supernovas, hemos iniciado en la Universidad de Sonora programas de búsqueda, monitoreo fotométrico y espectroscópico de supernovas. En la figura 5 se muestra como ejemplo, la imagen de la supernova 2011dh tomada por nuestro equipo. En este trabajo presentamos un estudio de la curva de luz de la supernova tipo Ia ASASSN-15hx, llevado a cabo con infraestructura de la Universidad de Sonora. La principal motivación para este trabajo es adentrarnos en este campo de estudio.

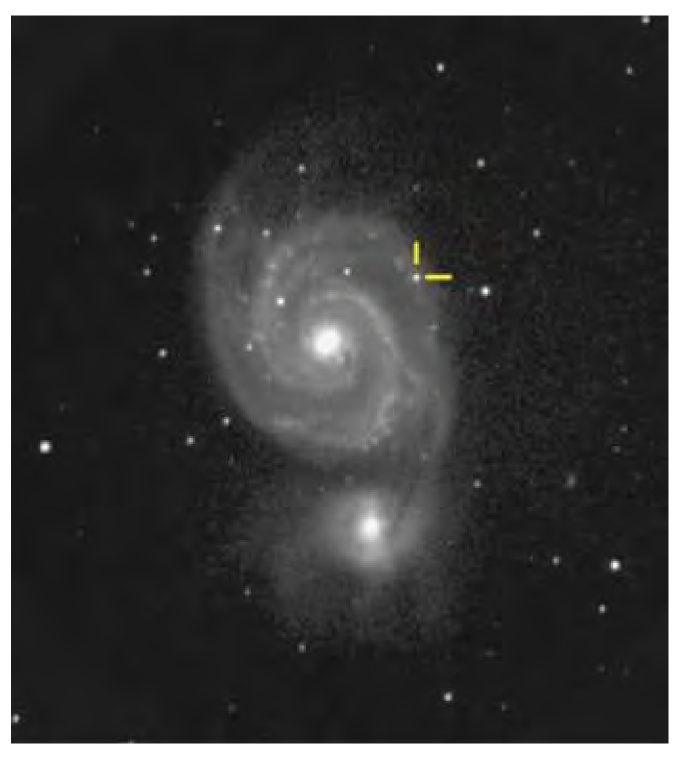


Figura 5. Supernova 2011dh en la galaxia M51. Imagen tomada desde el Observatorio Estelar Carl Sagan de la Universidad de Sonora.

La supernova ASASSN-15hx (*All-Sky Automated Survey for Supernovae*) fue descubierta por Dong et al. [23], el 26 de abril de 2015, en la galaxia GALEXASC J134316.80-313318.2, en la constelación de Centauro, usando imágenes tomadas con un telescopio de 14 cm en Cerro Tololo, Chile; un día después fue clasificada como tipo Ia [24]. Las coordenadas del objeto son A.R. = 13 h 43 m 16.69 s (J2000) y DEC = −31°33′ 21.5″ (J2000).

Efectuamos nuestras observaciones del 7 de mayo al 6 de julio de 2015 en el Observatorio Estelar Carl Sagan de la Universidad de Sonora, ubicado en el Departamento de Agricultura y Ganadería. Se utilizó un telescopio Meade LX200 SCT de 16 pulgadas, una cámara CCD Apogee Alta F9000 y filtros *g′* (472nm), e *i´* (769.8nm) de *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS) y c (sin filtro). Se usó el software MaxIm para la captura de imágenes y datos de calibración. La bitácora de observaciones de ASASSN-15hx se presenta en la tabla 1. Debido a que los datos más completos que se obtuvieron fueron los de g´, se optó por hacer la curva de luz únicamente para este filtro.

Tabla 1. Bitácora de Observación para ASASSN-15hx. Tiempo de exposición: 4s para los filtros g′ y c, 40s para i′. En la última columna, B se refiere a condiciones de observación buenas y R a condiciones de observación regulares.

Fecha	Día Juliano		Condiciones de observación
06/05/2015	2457149	*c, g′, i′*	B
09/05/2015	2457152	*c, g′, i′*	R
11/05/2015	2457154	*c, g′ ,i′*	B
14/05/2015	2457157	*c, g′, i′*	R
17/05/2015	2457160	*c, g′, i′*	B
18/05/2015	2457161	*g′, i′*	B
24/05/2015	2457167	*c, g′*	B
27/05/2015	2457170	*g′*	R
10/06/2015	2457184	*c, g′*	B
15/06/2015	2457189	*c′, g′*	B
06/07/2015	2457210	*c, g′ ,i′*	B

La fotometría astronómica es la técnica que se utiliza para medir el brillo de los cuerpos celestes, lo cual generalmente se hace en término de magnitudes (la magnitud es una medida inversa del brillo: a menos brillo mayor magnitud y viceversa). En este trabajo la fotometría se hizo con el software CCDSoft, usando estrellas de referencia elegidas de la base de datos Simbad [25], no variables y con magnitud *g′* publicada. A la curva de variación de la magnitud aparente como función del tiempo se le conoce como curva de luz.

Debido a que la galaxia que hospeda a la supernova ha sido poco estudiada, no se conocen datos de su distancia, sólo se ha reportado que se trata de una galaxia cercana con $z < 0.01$ [26], siendo z el corrimiento al rojo. El corrimiento al rojo es la diferencia relativa entre la longitud

de onda de la luz emitida por el objeto y la recibida en el detector (debido a la expansión del Universo)

$$z = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0 \quad (1)$$

y es una medida de qué tan rápido se aleja dicho objeto. La relación entre la velocidad de recesión *v* de la galaxia y *z* está dada por [27]:

$$\frac{v}{c} = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} \quad (2)$$

donde *c* es la velocidad de la luz. Para una galaxia cercana, ésta se reduce a:

$$v = c\,z \quad (3)$$

Como se mencionó anteriormente, más que candelas estándar, las supernovas resultan ser candelas estandarizables ya que su brillo no es exactamente el mismo, sino que varía ligeramente. En 1993, Phillips [28], trabajando en los filtros de banda ancha del sistema de *Johnson B, V* e *I*, encontró una relación entre la forma de la curva de luz de una supernova tipo Ia y su magnitud absoluta en el máximo. Siguiendo su método, Pacheco-Cabanillas et al. [29] determinaron una relación similar en el filtro *g'* del sistema *SDSS*, dada por:

$$M_{max}(g') = -19.89 + 0.76\,\Delta m_{15}(g') \quad (4)$$

donde $M_{max}(g')$ es la magnitud absoluta de la supernova en *g'* y $\Delta m_{15}(g')$ es el cambio de magnitud aparente entre el máximo y quince días después. Podemos ver de la ecuación (4) que las supernovas débiles decaen más rápidamente que las más luminosas.

A partir de la curva de luz de ASASSN-15hx se determinó su $\Delta m_{15}(g')$ y se hizo una estimación de su magnitud absoluta mediante la ecuación (4). Teniendo sus magnitudes aparente y absoluta (e ignorando la presencia de polvo) se puede calcular su distancia a partir de

$$M = m + 5 - 5Log(d) \quad (5)$$

donde *d* es la distancia, *M* la magnitud absoluta y *m* la magnitud aparente. Una vez conocida la distancia y teniendo en cuenta que se trata de una supernova cercana, se puede utilizar la ley de Hubble

$$v = H_0\,d \quad (6)$$

es decir

$$cz = H_0\,d \quad (7)$$

para determinar su corrimiento al rojo. En la ecuación (7) c es la velocidad de la luz y H_0 la constante de Hubble.

RESULTADOS

En la figura 6 podemos ver la curva de luz obtenida para ASASSN-15hx. El tiempo se reporta en días Julianos en el eje horizontal. En el eje vertical se muestra la magnitud aparente de la supernova, obtenida como la mediana de las observaciones de cada noche. Los puntos son las observaciones y la línea contínua un ajuste polinomial de los datos, el cual es bueno para los primeros 30 días, con un coeficiente de correlación de 0.99. Los errores son tan pequeños para las primeras observaciones que sólo se distinguen las barras de error en los últimos dos puntos. El ajuste deja de ser bueno al final donde se ve que empieza a subir en JD2457200 aproximadamente, mientras que en realidad el brillo sigue cayendo. En este trabajo es la primera parte de la gráfica la que nos interesa.

A partir de la curva de luz se obtiene $\Delta m_{15}(g') = 0.67 \pm 0.06$, e introduciendo este valor en (4) se encuentra que su magnitud absoluta es $M_{max}(g') = -19.37 \pm 0.20$. Con este dato y despejando de la ecuación (5) se obtiene una distancia $d = 39 \pm 4$ Mpc. Por último, y tomando un valor de $H_0 = 72$ km/s/Mpc [30], se obtiene un corrimiento al rojo $z = 0.009 \pm 0.0008$ compatible con la estimación antes mencionada.

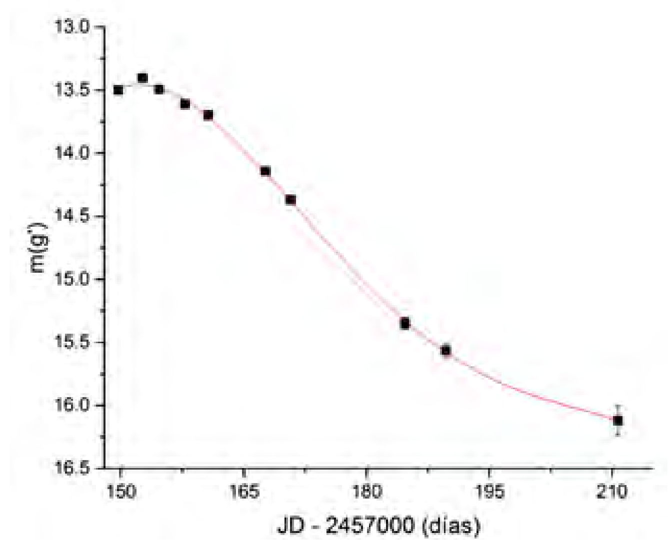


Figura 6. Curva de luz de ASASSN-15hx.

CONCUSIONES

Los datos reportados en este trabajo complementan la información existente sobre ASASSN-15hx y contribuyen a la determinación de su luminosidad en el filtro *g´*.

Si bien el cálculo mostrado aquí es una primera aproximación para la estimación de los parámetros de la supernova ASASSN-15hx, ya que se trata de una supernova cercana y por lo tanto debe tenerse en cuenta su movimiento peculiar, mostramos de qué forma podemos estimar parámetros de supernovas que estén dentro del flujo de Hubble, a partir de imágenes tomadas con nuestros equipos.

La observación y seguimiento de ASASSN-15hx nos muestra que es posible implementar un programa de búsqueda, monitoreo y análisis de supernovas con equipo relativamente modesto, como el que posee la Universidad de Sonora. El plan en el futuro cercano es implementar un programa automatizado y remoto que nos permita ampliar la recolección de datos logrando una mayor eficiencia en la función de patrullaje del equipo de observación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue apoyado con recursos financieros del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP).

BIBLIOGRAFÍA

[1] F. Zhao, R. Strom and S. Jiang, "The Guest Star of AD185 must have been a supernova," Chinese J. of Astron. And Astrophysics, vol. 6, no. 5, pp. 635-640. 2006.

[2] F. Gardner and D. Milne, "The Supernova of AD 1006," AJ, vol. 70, p. 754, 1965.

[3] F. Stephenson, D. Clark, and D. Crawford, "The Supernova of AD 1006," MNRAS, vol. 180, pp. 567-584, 1977

[4] R. Fesen, J. Saken and A. Hamilton, "Discovery of the Remnant of S Andromedae (SN 1885) in M31," ApJ, vol. 341, pp. L55-L57 341, 1989.

[5] W. Baade, "The Absolute Photographic Magnitude of Supernovae," ApJ, vol. 88, p. 285 1938.

[6] D. Osterbrock, "Who Really Coined the Word Supernova? Who First Predicted Neutron Stars?," Bulletin of the American Astronomical Society, vol. 33, p. 1330, 2001.

[7] W. Baade and F. Zwicky, "On Super-novae," Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 20, no. 5, pp. 254–259, 1934.

[8] A. Burrows, "Baade and Zwicky: Super-novae, Neutron Stars and Cosmic Rays," Poc. Natl. Acad. Sci. USA, vol. 112, no. 5, pp. 1241-1241, 2015.

[9] IAU Central Bureau for Astronomical Telegrams, "List of Supernovae," 2016 [En línea], Disponible en: http://www.cbat.eps.harvard.edu/lists/Supernovae.html.

[10] J. Bahcall, A. Dar and T. Piran, "Neutrinos from the recent LMC Supernova," Nature, vol. 326, pp. 135–136, 1987.

[11] K. Hirata, T. Kajita, M. Koshiba, M. Nakahata, Y. Oyama et al., "Observation of a Neutrino Burst from the Supernova SN1987A," Phys. Rev. Lett., vol. 58, no. 14, pp. 1490 – 1493, 1987.

[12] R. Minkowski, "Spectra of Supernovae," PASP, vol. 53, no. 314, p. 224, 1941.

[13] R. Minkowski, "The Spectra of the Supernovae in IC 4182 and in NGC 1003," ApJ, vol. 89, p. 156, 1939.

[14] Carnegie Supernova Project [En linea], Disponible en: csp.obs.carnegiescience.edu.

[15] S. Bose, B. Kumar, F. Sutaria, B. Kumar, R.Roy et. al, "Supernova 2012aw. A high-enrgy clone of archetypal Type IIP SN 1999em," MNRAS, vol. 433, pp. 1871-1891, 2013.

[16] F. Bianco, M. Modjaz, M. Hicken, A. Friedman, R. Kirshner et. al, "Multi-color Optical and Near-Infrared Light Curves of 64 Stripped-envelope Core-Collapse Supernovae," ApJS, vol. 213, no. 2, p. 21, 2014.

[17] J. Chen, X. Wang, M. Ganeshalingam, J. Silverman, A. Filippenko et. al, "Optical Observations of the Type Ic Supernova 2007gr in NGC 1058 and Implications for the Propeties of its Progenitor," ApJ, vol. 790, no. 2, p. 14, 2014.

[18] F. Yuan, A. Jerkstrand, S. Valenti, J. Sollerman, I. Seitenzahll et. al, "450 Days of Type II SN 2013ej in Optical and Near-Infrared," MNRAS [En linea], Disponible en: mnras.oxfordjournals.org, 2016.

[19] K. Nomoto, H. Yamaoka, T. Shigeyama and K. Iwamoto, "Type IA Supernovae: Mechanisms and Nucleosynthesis," in Supernovae and Supernova Remnants: IAU Colloquium 145, R. McCray and Z. Wang Eds. Cambridge University Press, 1996, p. 49.

[20] A. Riess, A. Filippenko, P. Challis, A. Clocchiatti, A. Diercks et al. "Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant," AJ, vol. 116, no. 3, pp. 1009-1038, 1998.

[21] S. Perlmutter, G. Aldering, G. Goldhaber, R. Knop, P. Nugent et al. "Measurements of Ω and Λ from High-Redshift Supernovae," ApJ, vol. 517, no. 2, pp. 565-586,1999.

[22] R. Kirshner, The Extravagant Universe: Exploding Stars, Dark Energy and the Accelerating, 2nd ed. Princeton University Press,2003.

[23] The Astronomer's Telegram, "ASAS-SN Discovery of A Bright Probable Supernova in a Galaxy with Unknown Redshift," 2015 [En línea]. Disponible en: http://www.astronomerstelegram.org/?read=7447.

[24] The Astronomer's Telegram, "PESSTO Spectroscopic Classification of Optical Transients," 2015 [En línea]. Disponible en: http://www.astronomerstelegram.org/?read=7452.

[25] M. Wenger, F. Ochsenbein, D. Egret, P. Dubois, F. Bonnarel et. al., "The SIMBAD astronomical database. The CDS reference database for astronomical objects," A&AS, vol. 143, pp. 9-22, 2000.

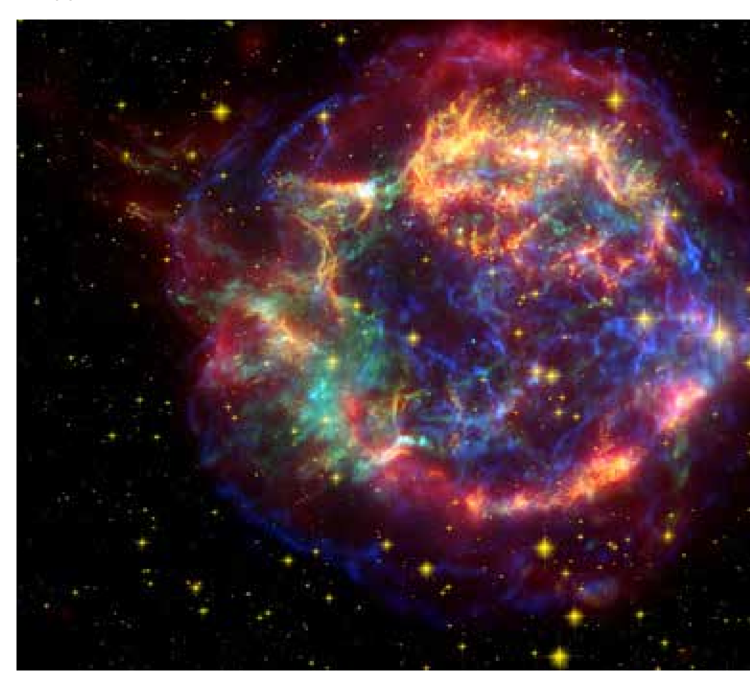
[26] S.J. Smartt, S. Valenti, M. Fraser, C. Inserra, D.R. Young, et.al., "PESSTO: survey description and products from the first data release by the Public ESO Spectroscopic Survey of Transient Objects," A&A, vol. 579, pp. 40-65, 2015.

[27] B. Carroll & D. Ostile, An introduction to Modern Astrophysics, Pearson Addison-Wesley, 2007.

[28] M. Phillips, "The Absolute Magnitudes of Type Ia Supernovae," ApJ, vol. 413, no. 2, pp. L105-L108, 1993.

[29] D. Pacheco-Cabanillas and R. Núñez-López, "Magnitudes Absolutas de Supernovas Tipo Ia," sin publicar.

[30] W. L. Freedman, B.F. Madore, B.K. Gibson, L. Ferrarese, D.D. Kelson, et.al., "Final results from The Hubble space telescope key project to measure the Hubble constant," ApJ, vol. 553, pp. 47-72, 2001.



SOBRECARGA DEL CUIDADOR PRINCIPAL DEL ADULTO MAYOR CON ENFERMEDAD ALZHEIMER

Overload of the caregiver of the adult higher with disease of Alzheimer

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Adriana Elizabeth Aguilar Gutiérrez [1]
Jasmín Jiménez Reyes [2]
Alicia Álvarez Aguirre [3]
Mercedes Sánchez Perales [4]
Marcela Ortega Jiménez [5]

Recibido: 14 de octubre de 2016,
Aceptado: 13 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
Dra. Alicia Álvarez Aguirre
Correo: Alicia.alvarez@ugto.mx

Resumen

Introducción: La sobrecarga del cuidador principal es un problema recurrente en personas que cuidan de adultos mayores con trastorno de Alzheimer. Objetivo: Determinar el nivel de sobrecarga del cuidador principal del adulto mayor con Enfermedad de Alzheimer. Metodología: Estudio descriptivo, participaron los cuidadores principales de cinco Centros Geriátricos de Querétaro, se aplicó la escala de Zarit (α=.86). En el análisis de datos se calculó estadística descriptiva y se contó con el consentimiento de las instituciones y de los participantes. Resultados: Participaron 22 cuidadores, del nivel de sobrecarga en los participantes se identificó nivel intenso en 77.3% y 4.5% leve. Conclusiones: La mayoría de los participantes se encontró en sobrecarga intenso, resultados que permiten diseñar e implementar estrategias para disminuir la sobrecarga de los cuidadores.

Palabras clave: Cuidadores, sobrecarga, Alzheimer.

Abstract

Introduction: Overload the primary caregiver is a recurring problem in caregivers of older adults with Alzheimer disorder. Objective: To determine the level of overload the primary caregiver of the elderly with Alzheimer's disease. Methodology: Descriptive study involved five primary caregivers Geriatric Centers Queretaro, Zarit scale was applied. In data analysis descriptive statistics were calculated and counted with the consent of the institutions and participants. Results: A total of 22 caregivers, overload level participants intense level was identified in 77.3% and 4.5% mild. Conclusions: Most of the participants found in intense overload, results that allow design and implement strategies to reduce the overload of caregivers.

Keywords: *Caregivers, overload, Alzheimer.*



Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro 1, 2, 4
División de Ciencias de la salud e Ingenierías, Departamento de 3 Enfermería Clínica, Universidad de Guanajuato.
División de Ciencias de la salud e Ingenierías, Departamento de 5 Enfermería y Obstetricia, Universidad de Guanajuato.



INTRODUCCIÓN

El proceso de envejecimiento trasciende en varios factores del desarrollo y el funcionamiento de las sociedades y también sobre el bienestar no sólo de los adultos mayores sino de los grupos más jóvenes. Algunos de los factores son la composición de la población activa y las modalidades de participación en la misma; los arreglos en cuanto a familia y hogar y las condiciones de salud de los Adultos Mayores (AM), entre otros [1].

El progresivo envejecimiento de las sociedades es debido fundamentalmente a la disminución de la tasa de la natalidad, al aumento de la esperanza de vida y a la disminución de la mortalidad, producto de la implementación de estrategias en materia de salud. Sin embargo, este comportamiento poblacional genera un incremento de la morbilidad crónica y degenerativa [2].

Existen en el mundo más de 416 millones de ancianos. Para el año 2025, los mayores de 60 años serán el 12% de los habitantes. De éste total de ancianos, el 72% vivirá en los países en desarrollo, se espera que la esperanza de vida al nacimiento en Latinoamérica, se incremente de los 64.1 años que se tuvieron durante 1985, a 71.8 años para el año 2025 [1].

En México la población de 60 años y más asciende a 10 055 379 personas, es decir el 9.06% del total de la población del país [3], este dato está cercano a los criterios establecidos por las Naciones Unidas: una población puede considerarse envejecida si más del 10% tiene 60 años o más [4]. En Querétaro la población de 60 años y más es de 136381 personas [3].

Entre el 2000 y 2010 en México, la población de adultos mayores creció a una tasa anual de 3.8%; se espera que esta población se duplique en 18.4 años. En este grupo existe una relación de 87 hombres por cada 100 mujeres y 9.7 personas dependientes por vejez por cada 100 en edad reproductiva. Por el lugar de residencia el 74% reside en localidades urbanas y 26% viven en el área rural. En cuanto a escolaridad 74.4% saben leer y escribir un recado y respecto al estado civil el 6.3% de la población es soltera, 60% está casado o unido y 33.7% alguna vez estuvo casado o unido. Además existen 44.7% de los hogares donde el jefe de familia es una persona de 60 años y más, estas familias son de tipo nuclear [3].

Por otra parte los estados con mayor proporción de adultos mayores son Oaxaca (10.7%), Distrito Federal (11.3%) y Veracruz (10.4%). Y las entidades con menor proporción son Baja California Norte (6.8%), Baja California Sur (6.6%) y Quintana Roo (4.8%). Para Querétaro la proporción es de 7.46% [3].

En el contexto europeo y mexicano, la gran mayoría de las personas mayores prefieren envejecer en casa, en su entorno familiar, manteniendo su



independencia y evitando así, en la gran mayoría de los casos, la soledad y el desarraigo familiar y social [2]. En este sentido el número de personas de este grupo de edad que requieren cuidados está aumentando, cuidados que son provistos por su familia [5].

Una de las enfermedades que más deterioro funcional y por tanto, mayor estrés proporcionan al cuidador, es la demencia. Esta es una enfermedad del sistema nervioso central, dada por alteraciones de los procesos mentales superiores, que modifica la personalidad y la conducta de las personas que la padecen. La más común es la Enfermedad Alzheimer (EA), que se atribuye a más de 70% de los casos con dicha enfermedad [6]. En el mundo cerca de 35.6 millones de personas viven con demencia; se espera que para el 2030 este número se duplique (65.37 millones) y para el 2050 se triplique (115.4 millones) [6]. En los resultados de la Encuesta Nacional sobre Envejecimiento en México [7], se encontró una prevalencia nacional de Alzheimer de 6.1% para mayores de 60 años con una incidencia de 27.3 por cada mil adultos mayores por año, y en Querétaro, 804 personas cursan con esta enfermedad.

El anciano con Alzheimer tiene poca capacidad de adaptarse a su situación y, por lo tanto, son los que lo rodean quienes constantemente han de adaptarse a las necesidades creadas. A medida que la demencia va progresando, el enfermo se vuelve más inseguro de lo que le rodea y lo que los demás quieren de él, muchos pacientes se refugian en las personas que transmiten mejor el sentimiento de seguridad [8].

Los cuidadores principales de personas con demencia asumen las principales tareas y responsabilidades de cuidar. En la mayoría de los casos se trata de familiares directos o amigos muy próximos. Generalmente son las esposas o hijas de edad comprendida entre los 45 y los 70 años, que conviven con el adulto mayor, o bien le dedican una parte importante de su tiempo. Lo anterior compromete la salud mental social y física del cuidador [2].



En este sentido, los cuidadores de adultos mayores con EA, se afectan en su bienestar físico, emocional y socioeconómico, lo que puede conllevar a que presenten estrés, ansiedad, alteraciones en sus relaciones laborales, entre otras consecuencias derivadas del cuidado de las personas con EA [9, 10]. La afección que presentan los cuidadores y el sentimiento de que su vida ha cambiado desfavorablemente a partir de cuidar se le conoce como carga, término estudiado por Zarit [11], quien define la sobrecarga del cuidador como "la manera en qué y cómo los cuidadores perciben la salud tanto física como mental, estado financiero y vida social como resultado del cuidado que ejerce sobre los pacientes".



La sobrecarga en el cuidador principal puede ser expresada por problemas físicos, como cefalea, astenia, fatiga crónica, alteración del ciclo del sueño, así como problemas psíquicos manifestados en depresión y ansiedad [12]. Por lo que una mayor sobrecarga deteriora la salud mental social y física del cuidador, aunado a que el cuidador no busca ayuda de los profesionales de salud postergándose y priorizando los problemas de su familiar dependiente, situación que se compromete aún más con un adulto mayor con EA.

Por lo anterior el objetivo del estudio fue determinar el nivel de sobrecarga del cuidador principal del adulto mayor con Enfermedad de Alzheimer. La relevancia de abordar este tema, es que los resultados permitirán proponer estrategias dirigidas a la prevención de la sobrecarga del cuidador principal y en un futuro ser la base para la planeación de intervenciones basadas en evidencia empírica.

METODO

Estudio descriptivo [13], que contó con la participación de 22 cuidadores procedentes de cinco Centros Geriátricos de Querétaro, México, seleccionados por conveniencia.

Para recabar la información sociodemográfica se diseñó



una cédula que incluyó datos personales, escolares y laborales. En la medición de sobrecarga del cuidador principal se utilizó la escala de Zarit [11], conformada por 22 reactivos de respuesta tipo Likert de 5 puntos (nunca, rara vez, algunas veces, bastantes veces, casi siempre), el rango de los posibles valores a obtener es de 22-110 puntos. La agrupación para su interpretación fue de la siguiente manera: de 22 a 46 puntos no hay sobrecarga, de 47 a 55 puntos sobrecarga leve y de 56 a 110 puntos sobrecarga intensa.

Una vez que se contó con la anuencia de las instituciones, se identificaron a los cuidadores de AM con EA, posterior a ello se estableció contacto con los cuidadores, al momento de llevar a sus familiares al centro geriátrico, para solicitar su participación. Quienes aceptaron (22/23) les fue entregado un sobre blanco con la cédula, instrumento y consentimiento informado, el sobre incluyó la leyenda de: "La información que proporcione es confidencial, su participación es voluntaria, le pedimos que dé respuesta a todas las preguntas, favor de sellar el sobre y dejarlo en la caseta de vigilancia al día siguiente, agradecemos su participación".

Para el tratamiento de la información se diseñó una base de datos en el paquete estadístico SPSS Ver. 13. Se verificó la integridad de los datos, enseguida se calculó estadística descriptiva, en el caso de la variable cuantitativa (Edad) se utilizaron medidas de tendencia central (media y desviación estándar) y en las variables nominales (sexo, ocupación, ingreso económico, turno), se utilizaron frecuencias y porcentajes. Para la sobrecarga del cuidador principal, se obtuvieron sumatorias y se agrupó en tres niveles (de 22 a 46 puntos, de 47 a 55 puntos y de 56 a 110 puntos), la descripción se realizó por frecuencias y sus respectivos porcentajes.

El presente estudio se apegó a lo dispuesto en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud [14].

RESULTADOS

La congruencia interna determinada por el Coeficiente de Confiabilidad Alfa de Cronbach fue de .86, en este estudio, considerado como aceptable en la literatura [15]. En relación a las características de los participantes, más de la mitad fueron mujeres (68.2%), con edad promedio de 47 años (DE=13.35), cinco de cada 10 fueron solteros (54.5%), 40.9% contaban con estudios profesionales y dos de cada diez contaba con



un ingreso económico entre 2000 y 4000 pesos mensuales.

En relación a las características de sobrecarga de los participantes se destaca que una de cada diez, casi siempre se siente indeciso sobre qué hacer con su familiar, cree que su familiar espera que sea la persona que lo cuide como si fuera la única persona de quien depende, cree que no tiene suficiente dinero para cuidar a su familiar. Además, dos de cada diez casi siempre desearían dejar el cuidado de su familiar a otro y creen que serían incapaces de cuidarlo por más tiempo, sienten que han perdido el control de su vida desde la enfermedad de su familiar y creen que debería hacer más por su familiar. Asimismo, cuatro de cada diez casi siempre experimentan un grado de carga por el hecho de cuidar a su familiar.

Respecto al nivel de sobrecarga del cuidador principal se encontró sobrecarga intensa en el 77.3% de los participantes, sobrecarga leve en el 4.5% y sin sobrecarga en el 18.2%.

DISCUSIÓN

El presente estudio permitió verificar el objetivo propuesto: determinar el nivel de sobrecarga del cuidador principal del adulto mayor con Enfermedad de Alzheimer, donde los resultados mostraron que la mayoría de los participantes se encontraron en sobrecarga intensa resultado similar a lo referido por Flores, Rivas y Seguel [10], quienes reportaron que seis de cada diez cuidadores se encontraban en ese nivel.

Además, de contar con evidencia empírica sobre el fenómeno de estudio, que permitirá proponer estrategias de seguimiento en esta población en específico. Por ejemplo implementar actividades de manejo de emociones, actividad física, ocupacional, entre otras que permitan al cuidador principal promover su salud mental. Mismas que podrían ser implementadas por equipos multidisciplinarios en los centros geriátricos.



CONCLUSIÓN

Con base en los resultados que se obtuvieron en el presente estudio, se considera que se debe incluir dentro de las instituciones geriátricas una estrategia enfocada hacia el cuidador y el fortalecimiento de una red de apoyo social, tanto en el seno de la familia como alrededor de ellas, realizando un esfuerzo para la concientización de la familia y del propio cuidador en la necesidad de poder crear un soporte familiar para su beneficio. Además, programas de intervención de apoyo social para los cuidadores principales, orientados hacia el manejo de habilidades emocionales e instrumentales que permitan una mayor capacidad para afrontar los problemas que con el tiempo aparezca.

BIBLIOGRÁFÍA

[1] Secretaria de Salud, Programa de acción específico 2007-2012: Envejecimiento. México: Secretaria de salud, 2008.

[2] M. Ballester, L. Borrás, G. Corbalán, B. Hernandez, G. Paul, J. Pérez, "Perfil de salud y diagnósticos de enfermería en la población de atención domiciliaria del Área Básica de Salud de Castellar del Vallés", NUREInv., vol 5, no32, pp. 1-18, 2008.

[3] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censo de población y vivienda 2010. México: INEGI, 2012.

[4] Organización de las Naciones Unidas, Envejecimiento de la población mundial. New York: ONU, 2009.

[5] Y. Yamamoto, Y. Hayashino, T. Higashi, M. Matsui, S. Yamazaki, M. Takegami, Y. Miyachi, S. Fukuhara, "Keeping vulnerable elderly patients free frompressure ulcer is associated with high caregiver burden in informal caregivers", Journal of evaluation in clinical practice, vol.16, pp. 585-589, 2008.

[6] Organización Mundial de la Salud. (2016) Demencia. Acceso Oct 2016. [en línea]. Disponible: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs362/es/

[7] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México 2012. México: INEGI, 2012.

[8] M. Pérez, J. Llibrel, "Características sociodemográficas y nivel de sobrecarga de cuidadores de ancianos con enfermedad de Alzheimer", Revista Cubana de Enfermería, vol. 26, no. 3, pp. 104-116, 2010.

[9] A. Espin, "Factores de riesgo de carga en cuidadores informales de adultos mayores con demencia", Revista Cubana de Salud Pública, vol. 38, no. 3, pp. 393-402, 2010.

[10] G. E. Flores, R. E. Rivas, P. F. Seguel, "Nivel de sobrecarga en el desempeño del rol del cuidador familiar de adulto mayor con dependencia severa", Ciencia y enfermería, vol. 18, no. 1, pp. 29-41, 2012.

[11] S. Zarit, K. Reever, J. Bach-Peterson, "Relatives of the impaired elderly: correlates of feelings of burden", Gerentologyst, vol 20, no. 6, pp.649-655, 1980

[12] A. Martins, T. Pereira, L. Silva, L. Correa, J. Ferreira, R. Partezani, "La sobrecarga y desánimo en los cuidadores de adultos mayores", Florianapolis, vol. 21, no. 2, pp.304-12, 2012.

[13] E. Pineda, E. Alvarado, F. Canales, Metodología de la investigación. Washington: OPS, 2008.

[14] Secretaria de Salud. (2014) Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. Acceso Abr 2015. [en línea]. Disponible: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS_ref01_02abr14.doc

[15] D. Polit, B. Hungler, Investigación científica en ciencias de la salud, México: McGraw-Hil, 1999.

DISFRUTO EL PODER DE SER FELIZ: EXPERIENCIA EN PERSONAS QUE VIVEN CON VIH

Enjoy the power of being happy: experience in people who live with hiv

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Guadalupe Erendira Montoya Ramirez[1]
Mayra Itzel Huerta Baltazar[2]
Mónica Fulgencio Juárez[3]
Gloria Correa Vieyra[4]
Roberto Martinez Arenas[5]

Recibido: 16 de septiembre de 2016,
Aceptado: 19 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
M. E. Guadalupe Erendira Montoya Ramirez
Correo: gemr_08@hotmail.com.mx

Resumen

Las personas que viven con virus de inmunodeficiencia humana (VIH) pueden presentar alteraciones biopsicosociales que generan infelicidad. La gaudibilidad (capacidad para ser feliz y disfrutar), puede favorecerse al crear nuevos patrones de conducta mental con la programación neurolingüística (PNL). El propósito fue: analizar la experiencia vivida en un taller de PNL para personas que viven con VIH, a la luz del referente teórico de; Rogers. Estudio cualitativo con diseño fenomenológico, participaron 12 personas de la Asociación CONVIHVE A.C. Michoacán, en un taller de PNL conformado por ocho sesiones. Tratamiento de datos por análisis de contenido, emergieron cinco dimensiones dejando ver el poder de cambio que tienen dichas personas para disfrutar la vida, al generar emociones positivas que se anclaron al inconsciente. Conclusiones. La PNL como intervención de enfermería favorece la gaudibilidad de las personas que viven con VIH.

Palabras clave: Programación Neurolingüística, Gaudibilidad, Personas que viven con VIH, Enfermería.

Abstract

People living with human immunodeficiency virus (HIV) can present biopsychosocial alterations that generate unhappiness. Gaudiness (ability to be happy and enjoy) can be favored by creating new patterns of mental behavior with neurolinguistic programming (NLP). The purpose was to analyze the experience lived in an NLP workshop for people living with HIV, in the light of the theoretical reference of; Rogers. Qualitative study with phenomenological design, participated 12 people of the Association CONVIHVE A.C. Michoacán, in an NLP workshop with eight sessions. Treatment of data by content analysis, emerged five dimensions showing the power of change that these people have to enjoy life, by generating positive emotions that anchored to the unconscious. Conclusions. NLP as a nursing intervention favors the gaudibility of people living with HIV.

Keywords: *Neuro-linguistic programming, Gaudibility, People living with HIV, Nursing.*

1 Facultad de Enfermería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo / Hospital General "Dr. Miguel Silva" de la Secretaría de Salud del Estado de Michoacán.
2,3,5 Facultad de Enfermería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán, México
4 Facultad de Enfermería de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo / Hospital Oncológico de Morelia de la Secretaría de Salud del Estado de Michoacán, México.



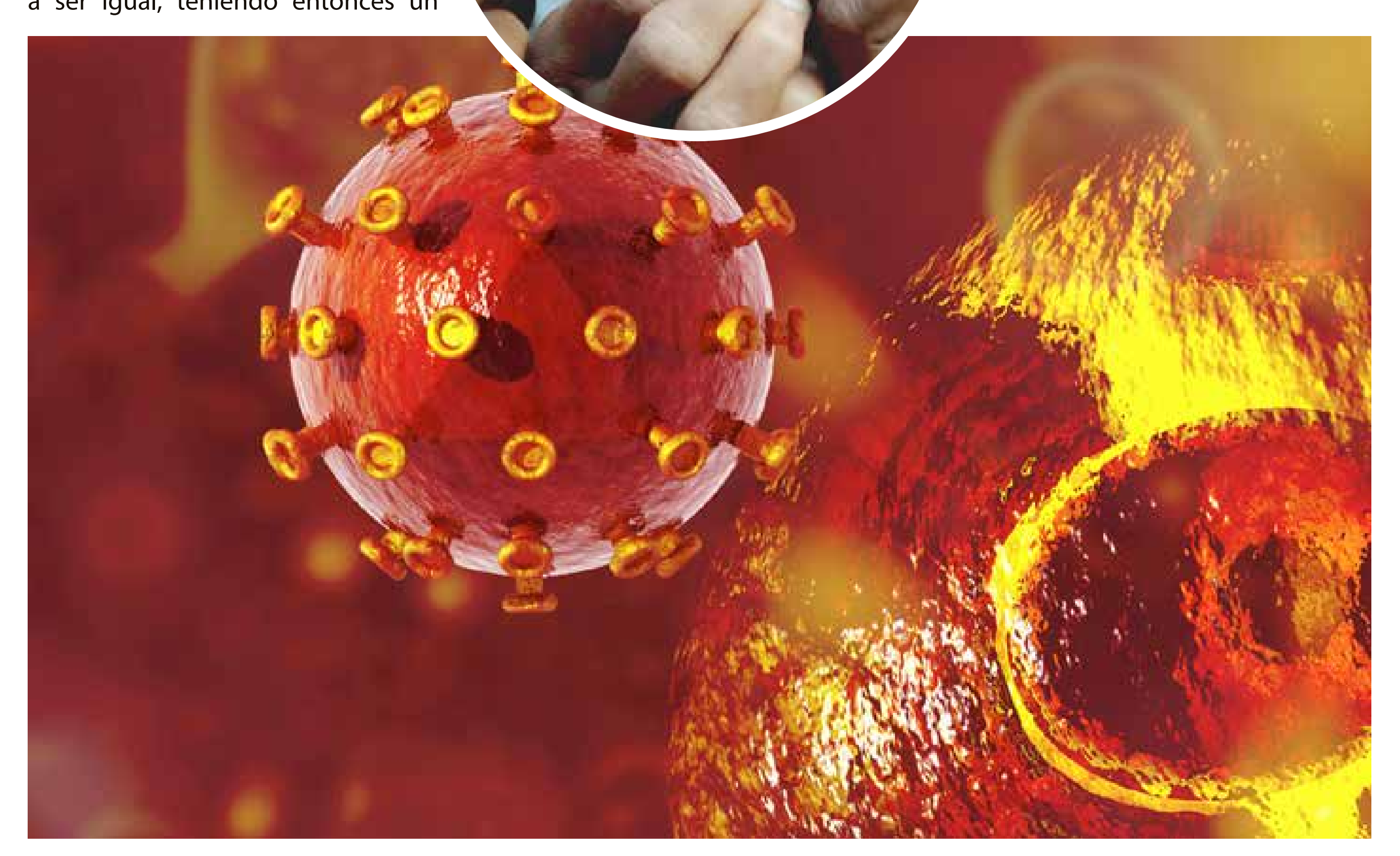
INTRODUCCIÓN

Según lo mencionado en el informe del Programa Conjunto de Naciones Unidas sobre el VIH/sida (ONUSIDA) en el marco del día mundial del Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (sida), en 2014, 36.9 millones de personas en el mundo vivían con Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH), 1.2 millones de personas murieron de enfermedades relacionadas con el sida [1]. En México en diciembre del 2014, 190 mil personas vivían con VIH, en el 2013; 4,965 personas murieron a causa de enfermedades asociadas al sida [2]. En Michoacán, las estadísticas del VIH-sida se han mantenido estables al hacer un recuento de 1985 a septiembre de 2015 se contabilizan 5 mil 444 enfermos con VIH en la entidad, el mayor número de pacientes con este padecimiento se ubican en la capital del Estado, Morelia [3].

El VIH ataca las células CD4 (cúmulo de diferenciación 4 o cluster of cuadruple diferentiation, en inglés) del sistema inmune, ocasionando que el organismo tenga mayor riesgo de contraer enfermedades más graves, como infecciones. La primera implicación en la persona que vive con VIH es el impacto emocional al saberse portador del virus y sentir una profunda angustia de darse cuenta que su vida ya no volverá a ser igual, teniendo entonces un alto riesgo de entrar en estado de depresión por miedo a la muerte inminente, que puede repercutir también a la familia directa.

En este sentido el impacto emocional de saberse con VIH, suele ser negativo, caracterizado por tristeza, temor y ansiedad, disminuye a la vez las emociones positivas como optimismo, confianza, amor y esperanza. Cantú y Álvarez [4], mencionan que puede llegar a amenazar la vida, el bienestar físico y disminuir la autoestima, en donde la depresión en personas que viven con VIH se asocia especialmente a las pérdidas inmediatas y potenciales en cuanto a calidad de vida, sumadas al estigma que recae sobre ellas.

Padrós (2011) señala que las habilidades, creencias, estilos cognitivos y estilos de vida, vislumbran, en el sentido del humor, la capacidad de concentración, la amplitud de intereses, la capacidad para plantearse retos, la confianza en sí mismo y otras características que hacen que una persona disfrute más que otras en las mismas situaciones [5]. Las actividades placenteras han sido identificadas como una de las rutas de acceso al bienestar y dado que la gaudibilidad hace referencia a los moduladores que regulan el disfrute, si una persona tiene elevados niveles de gaudibilidad ello lo predispone a disfrutar frecuentemente con alta intensidad





y frente a una gran cantidad de circunstancias que generan felicidad a la persona [6].

De tal modo que, si se aumenta el nivel de gaudibilidad, se aumenta el nivel de disfrute y con ello el nivel de afecto positivo y bienestar subjetivo [7], situación que se adapta a las personas que viven con VIH, pudiéndose lograr a partir del uso de herramientas psicoeducativas orientadas a reprogramar a la persona para reparar el daño y la prevención de la enfermedad mental.

Este trabajo tuvo como referente teórico a Martha Elizabeth Rogers, quien afirma que, los seres humanos son campos de energía dinámicos, integrados en los campos del entorno. Ambos tipos de campos, obedecen a un patrón y se distinguen por su condición de sistemas abiertos [8], El objetivo de Enfermería según Martha Elizabeth Rogers es fomentar y promover la salud y el bienestar, buscando el balance y armonía entre el hombre y su entorno, con la PNL como actividad de Enfermería se cumple el objetivo de Martha Elizabeth Rogers de favorecer la creatividad de enfermería en el cuidado.

Así mismo los conceptos de la PNL que es el estudio de la experiencia humana subjetiva, cómo se organiza lo que percibe y cómo revisa y filtra el mundo exterior mediante los sentidos [9]. El profesional de la enfermería utiliza intervenciones actualizadas, probadas por la investigación y apoyadas por principios científicos, que le permiten actuar de manera independiente para fomentar la salud de la persona con el uso de herramientas alternativas, recordando que el ser humano es un sistema abierto.

Y el concepto de gaudibilidad definido como: "El conjunto de moduladores que regulan el disfrute que las personas experimentan, lo cual repercute en el bienestar y la calidad de vida de las personas" [10]. Dado que la gaudibilidad hace referencia a los moduladores que regulan el disfrute, si una persona tiene elevados niveles de gaudibilidad ello lo predispone a disfrutar frecuentemente, con alta intensidad y frente a una gran cantidad de circunstancias que generan felicidad y salud a la persona [11].

Por lo anterior el propósito fue analizar la experiencia vivida en un taller de PNL para favorecer la gaudibilidad de PVVIH.

MÉTODO

Se trata de un estudio cualitativo con diseño fenomenológico. El universo de trabajo fue la Asociación CONVIHVE A.C. de Michoacán, México. Se contó la participación de 12 personas en edad productiva, siendo solo una mujer y once hombres. La Intervención fue un taller de PNL de ocho sesiones cada una de tres horas.

En la primera sesión se trabajó la habilidad para cambiar de estado emocional con el establecimiento de anclas, en la segunda sesión se reafirma la capacidad de tener cada día más emociones positivas y de mayor intensidad, en la tercera sesión se enseñó a direccionar la mente en busca de nuevas y benéficas soluciones, en la cuarta sesión se trabajó para cambiar pensamientos negativos por pensamientos positivos, en la quinta sesión se reafirma



Figura 1. Metodología del taller de PNL, para personas que viven con VIH.

la capacidad para cambiar estados negativos, en la sexta sesión se trabajó en sentir y vivir la felicidad, en la séptima sesión se enseñó a entrar a un estado neutro y en la octava sesión se reafirman todas las herramientas aprendidas para crear un estado de poder, risa, paz y flexibilidad. Todas las sesiones siguieron la misma metodología para cumplir con una de las premisas de la PNL que es el crear nuevos hábitos, misma que se describe en la figura 1.

La recolección de datos se realizó a través de las técnicas de; buzón que es, un receptáculo que contiene una apertura adaptada para recolectar papeletas, el objetivo de esta técnica es recabar, por escrito, la experiencia vivida por los participantes. Y la técnica de observación participante que es, la descripción de los seres vivos en su medio natural que, requiere la implicación del investigador en el campo cultural ajeno de trabajo, a través de una inmersión completa a fin de conocer la vida real del grupo, modos de vida, etcétera [12], el tratamiento de los datos fue a través del análisis de contenido.

Para respetar el anonimato de los participantes se les otorgó un seudónimo con nombres de aves a cada uno, donde para asegurar la transparencia de esta investigación se consideraron las leyes, normas y códigos vigentes. Cuidando los principios éticos se informó al participante la naturaleza, duración y propósito del estudio, entregándosele el consentimiento informado donde emitió la aceptación a participar.

RESULTADOS

A la luz de los códigos vivos y como resultados emergen cinco dimensiones mismas que a continuación se describen:



Dimensión: Extraordinariamente feliz, utilizar pensamientos y emociones positivas, vivir emociones satisfactorias, de disfrute que llevo al participante a *sentir que soy especial,* donde el inconsciente se apodera de esa sensación placentera y busca más. Al respecto los participantes expresaron: *logré sustituir una emoción desagradable por una sensación de tranquilidad y de paz* (Gorrión), donde las emociones de disfrute se hicieron presentes: *me encanta el vaivén de emociones* (Cetia), siendo consiente del poder que posee para decidir el tipo de emociones prevalezcan en el: *es posible cambiar de estado de ánimo, todo depende de uno mismo* (Águila).

Dimensión empoderamiento-sintiéndome yo: El participante es consciente de los estados de disfrute que puede llegar a tener: *darme cuenta de que soy la mejor* (Águila); le recordó esa parte que quizá su inconsciente guardó: *creo que tenía tiempo sin sentirme tan emocionado, sintiéndome yo* (Bengalía); reactivó un estado poderoso que él poseía ya: *que agradable volver a sentirme empoderado y con confianza* (Colibrí). Dichas experiencias logradas través de las herramientas de la PNL se cumple una de las premisas que sostiene que, una vez que tu inconsciente se encuentra en la sima difícilmente querrá bajar: *quiero seguir así de feliz siempre* (Calandria).

Dimensión: camino a la plenitud la mejor versión de mí, al darse cuenta del poder interno que posee para cambiar sensaciones de malestar por sensaciones de bienestar el participante expresó: *poder descubrir que mis enojos los puedo hacer a un lado y ser más tolerante y más feliz* (Fénix), lo llevo a ser consiente del poder de cambio: *me siento muy bien, siento que todo lo puedo* (Cetia), logrando así re direccionar la mente para crear nuevos hábitos que le permitan ser una la mejor versión de él: *me siento a gusto por sacar todo lo malo, me ayuda a ser mejor persona* (Colibrí).

***Dimensión: nuevo amanecer*, **trabajar intensamente para generar cambios necesarios en su vida, le permitió al participante anclar nuevos hábitos al inconsciente creando reacciones que le ayudan a renovarse. Al respecto los participantes expresaron: *reinterpreto mi vida* (Cetia), donde la experiencia de placer se hizo presente: *hoy fue diferente, desperté mi mente, estuve flotando en el mar* (Gorrión); explotando las capacidades de disfrute que posee: *me gusto que ya no me costó trabajo concentrarme* (Gavilán).

Dimensión: me amo y me apruebo; la felicidad se alcanza cuando la persona descubre los mejores recursos que tiene, y que los puede utilizar en el momento y en el contexto que lo desee, tal como lo expresaron los participantes: *estoy seguro que lo lograré, tengo todo para ser feliz* (Calandria). Con la ayuda de la PNL se logra vencer los miedos que limitan el disfrute y la plenitud personal que pudieran afectar la felicidad, como lo expresó Bengalia: *Vencer mis miedos para emprender nuevos retos con alegría y*

optimismo estoy seguro que lo lograre, lo que llevó al participante a generar emociones de gran intensidad: *siento en mi pecho una emoción que me fortalece y me anima a vencer mis miedos* (Fénix) haciéndolo consciente del poder de disfrute que posee: *sentí todo mi cuerpo y mi corazón como latía en mi ser* (Gavilán).

DISCUSIÓN

En esta investigación el participante se hizo consciente del poder de cambio que tiene para disfrutar de la vida, con el uso de los recursos que fueron adquiridos durante el taller de PNL, se reactivaron emociones placenteras que los condujeron a la felicidad; en torno a esto, Vázquez (2013) en su investigación titulada "La Felicidad y la Percepción de la Salud", comenta que los problemas de tipo psicológico están mucho más relacionados con la infelicidad que los problemas físicos [13].

Las intervenciones de enfermería despertaron en los participantes la tendencia natural de la mente que es pensar y la tendencia natural del cuerpo que es sanarse a sí mismo, se crearon nuevos hábitos para orientar sus acciones o pensamientos a la generación de placer, donde día a día creció la habilidad de los participantes para permanecer en un estado de mayor bienestar, evidencia que no fue posible compararla con otras investigadores, ya que no se encontró estudios que abordaran estos aspectos, por lo tanto, se ha generado un nuevo conocimiento que fortalecerá a las personas que viven con VIH y a las intervenciones de enfermería.

Se ratifica uno de los postulados de Martha Elizabeth Rogers (2011) que dice; "La salud dependerá de las circunstancias y experiencias a lo largo de la vida de cada ser humano y la capacidad de este para lidiar y alcanzarla".

CONCLUSIÓN

Siguiendo el objetivo de enfermería de fomentar y promover la salud y el bienestar, buscando el balance y armonía entre el hombre y su entorno, la presente investigación se centró en la totalidad de la persona de modo humanístico, abstracto, juicioso y compasivo sin





perder la creatividad y la inventiva en cada intervención, con la PNL como intervención de enfermería se cumple dicho objetivo, y con ello se contribuyó a la apertura de nuevos campos de acción para la enfermería, donde se favoreció la gaudibilidad de las personas que viven con VIH, las cuales reavivaron emociones para el disfrute como; la risa, la paz, el poder interior y el bienestar. Estas, favorecieron el generar cambios positivos en los patrones de comportamiento, lo que determinó la efectiva de la PNL como intervención de enfermería por lo que se propone se promueva la utilización de esta en el cuidado de personas con otras condiciones crónico degenerativas, del mismo modo se recomienda continuar en la generación de evidencias que permitan sustentar esta intervención para ser incluida en la clasificación del NIC como intervención.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Programa Conjunto de Naciones Unidas sobre el VIH/SIDA (ONUSIDA), "El SIDA en cifras 2015". Día mundial del SIDA 2015. 20 Avenue Appia CH-1211 Ginebra 27 Suiza Accessed november 2015. [Online]. Available: http://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/AIDS_by_the_numbers_2015_es.pdf

[2] Centro Nacional para la Prevención y Control del VIH/SIDA (CENSIDA), "Panorama de la respuesta nacional al VIH México 2015". 1° de diciembre de 2015. Accessed december 2015. [Online]. Available: http://www.censida.salud.gob.mx/descargas/diamundial/Panorama_nacional_de_la_respuesta_a_la_epidemia_de_VIH2015_1.pdf

[3] Secretaria de Salud de Michoacán (SSM), "Informe anual 2015" Departamento de Enfermedades de Transmisión Sexual y SIDA 2015. Accessed november 2015. [Online]. Available: http://www.moreliaymas.com/incrementan-casos-de-vihsida-en-michoacan/

[4] R. Cantú and J. Álvarez, Impacto psicosocial en personas que viven con VIH-sida en Monterrey, México. Psicología y Salud, Vol. 22, Núm. 2: 163-172, julio-diciembre de 2012. Accessed may 2015. [Online]. Available: http://www.uv.mx/psicysalud/psicysalud-22-2/22-2/Rodrigo%20Cant%FA%20Guzm%E1n_2.pdf

[5] F. Padrós, Nivel de Gaudibilidad en pacientes esquizofrénicos: un estudio piloto. Salud Ment vol.34 no.6 México nov./dic. 2011. Accessed May 2013. [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252011000600007

[6] A. Castro, Las rutas del acceso al bienestar. Relaciones entre bienestar hedónico y eudaimónico. Un estudio en población argentina. Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación Psicológica. 26(2), 117-139. 2011. Accessed May 2015. [Online]. Available: http://alfama.sim.ucm.es/wwwisis2/wwwisis.exe/[in=psyke2.in]/?format=breve&boolean=%5BNR:11353848

[7] F. Padrós, Disfruté y bienestar subjetivo. Un estudio psicométrico de la Gaudibilidad. Departamento de Psicología en Educación, Facultad en Psicología, Universidad de Barcelona 2012. Accessed may 2013. [Online]. Available: http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revaluar/article/download/.../448

[8] G. Anne, Fundamentos de Enfermería. 5ta ed. Barcelona: Editorial Diorki Servicios Integrales de edición, 2011. p. 98 Accessed April 2015. [Online]. Available: http://enfermeriaactodecuidaryamar.blogspot.mx/2011/11/martha-rogers-su-teoria-para-enfermeria.html

[9] L. Ferrari, El poder de tu mente. No te imaginas lo que tu mente puede hacer por ti. 2014. Tus buenos libros.com Accessed April 2016. [Online]. Available: http://www.tusbuenoslibros.com/resumenes/el_poder_de_tu_mente.pdf.

[10] F. Padrós and J. Fernández, Proposal to measure a modulator of the experience of enjoyment: The gaudiebility scale. Internacional J Psychology Psychological Therapy 2008;8(3):413–430. Accessed may 2013. [Online]. Available: http://www.ijpsy.com/volumen8/num3/214/a-proposal-to-measure-a-modulator-of-the-EN.pdf

[11] F. Padrós, Gaudiebility Group Therapy in Depressed Patients: A Pilot Study. International Journal of Psychology and Psychological Therapy, 14, 1, 59-69, 2014 Printed in Spain. All rights reserved. 2014. Accessed february 2014. [Online]. Available: http://www.ijpsy.com/volumen14/num1/374/gaudiebility-group-therapy-in-depressed-EN.pdf

[12] Q. Perea. Educación para la salud: (Reto de nuestro tiempo) Observación Participante. Ediciones Diaz De Santos, S.A. Doña Juana de Castilla, 22. 28027 Madrid España. ISBN: 84-7978-644-2. 2004.

[13] Vázquez C. 2013. La Felicidad y la Percepción de la Salud. Facultad de Psicología de la Universidad Complutense de Madrid. Millward Brown España. Accessed December 2014. [Online]. Available: https://es.scribd.com/document/75236405/La-felicidad-y-la-percepcion-de-la-salud



DISEÑO DE UNA SUMADORA ELÉCTRICA COMO PROTOTIPO DIDÁCTICO

Design of an electric adder as didactic prototype

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Héctor Alfredo Hernández Hernández[1]
Jesús Francisco Espinoza Fierro[2]

Recibido: 30 de agosto de 2016,
Aceptado: 9 de diciembre de 2016

Autor de Correspondencia:
M.C. Héctor Alfredo Hernández Hernández
Correo: hector@mat.uson.mx

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de un prototipo didáctico que suma un par de números enteros. La operación a destacar es la suma en el sistema binario y en su elaboración se utilizan elementos simples y de bajo costo. Se establecieron restricciones en el rango de las posibles sumas y se presentan las configuraciones que deben tener los circuitos que realizan las conversiones del sistema decimal al sistema binario, y viceversa, con el fin de que estos últimos no resulten mucho más complicados que el circuito de interés principal. La utilización de herramientas de corte de control numérico fue imprescindible para la elaboración física de este prototipo didáctico.

Palabras clave: Sumadora, prototipo, didáctico.

Abstract

This work presents the design of a didactic prototype that adds a couple of integer numbers, the operation highlight is the sum in the binary system, and to design it are needed simple and low cost elements. Some restrictions are given on the range of possible sums and also we present the configurations of circuits that perform conversions decimal to binary system and vice versa so that the latter will not be much more complicated than the circuit of main interest was found. The use of cutting tools of numerical control were essential to develop this educational prototype.

Keywords: *Adder, prototype, didactic.*

Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora / Correo: hector@mat.uson.mx 1
Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora / Correo: jesus.espinoza@mat.uson.mx 2



INTRODUCCIÓN

Cuando se busca promover la ciencia y el conocimiento entre la sociedad, es importante elaborar actividades o construir dispositivos que resulten atractivos al público en general, sin perder de vista que existe una amplia diversidad de gustos y preferencias. Si al atender alguna exposición de ciencia se observa que al menos una pequeña fracción del público asistente se emociona, manifiesta asombro o simplemente le agrada, se considera que se ha cumplido el objetivo modestamente.

A través de la historia el ser humano ha creado una gran cantidad de instrumentos de cálculo motivado principalmente por la necesidad de llevar a cabo operaciones aritméticas con mayor velocidad y precisión. Existen dispositivos de muchos estilos, desde los mecánicos hasta los electrónicos donde se manifiesta el ingenio del ser humano. En [1] y [2, Apéndice D] puede consultarse más extensamente sobre la evolución de la calculadora y la computadora, desde sus inicios hasta como la conocemos actualmente.

En este trabajo presentamos el diseño de una sumadora eléctrica con fines didácticos. Consideramos que el instrumento diseñado tiene características destacables que lo recomiendan como un dispositivo que debiéramos replicar y exhibir en el aula o en eventos de divulgación de la ciencia.

La sumadora recibe un par de números elegidos del cero al diez y regresa como resultado la suma de dichos números. El funcionamiento de este dispositivo requiere una completa interacción con el usuario, lo cual le permite comprender detalladamente el proceso que se lleva a cabo, además los materiales utilizados para su construcción son relativamente fáciles de adquirir.

No se pretende dar una explicación muy detallada del dispositivo, la idea es que quien lea este trabajo y posea un poco de experiencia en circuitos lógicos tenga la oportunidad de construir uno propio, o al menos tomar ideas para diseñar un instrumento similar. Mostramos brevemente algunos detalles importantes suponiendo que el lector no está completamente familiarizado con el tema. Construir sumadoras no es una actividad novedosa, suele ser un proyecto para ser desarrollado por estudiantes de ingeniería, sin embargo es bastante común que utilicen dispositivos sofisticados en su elaboración. En [3] y [4], se muestra la construcción de un prototipo similar al presentado en este trabajo usando compuertas lógicas. La idea de construir circuitos lógicos generando las compuertas lógicas requeridas utilizando sólo interruptores no es nueva, pero gracias a la introducción de lo que hemos llamado relevadores manuales, ha hecho posible la elaboración de este instrumento y estamos seguros que servirá para diseñar muchos otros con las características que aquí resaltamos, entre ellas la alta credibilidad.

El lector puede adentrase un poco más en el tema y constatar que la suma forma parte importante de las otras tres operaciones básicas, a saber; la multiplicación, la resta y la división de números binarios, de ahí la importancia de centrar los esfuerzos en construir un prototipo que realice la suma de dos números.

PRELIMINARES

El sistema de numeración que utilizamos con mayor frecuencia es el sistema decimal en el que se utilizan diez dígitos $D = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$. También existen otros sistemas que resultan ser muy útiles, entre ellos el sistema binario, que requiere de sólo dos dígitos $B = \{0,1\}$. Ambos sistemas utilizan una notación posicional. En [5] el autor expone un desarrollo histórico muy interesante sobre el sistema binario y otros sistemas de numeración, su lectura es ampliamente recomendada.

La siguiente tabla muestra las equivalencias en el sistema binario de los primeros 21 números naturales.

Tabla 1. Equivalencias decimal-binario.

Decimal	Binario	Decimal	Binario
0	0000	11	1011
1	0001	12	1100
2	0010	13	1101
3	0011	14	1110
4	0100	15	1111
5	0101	16	10000
6	0110	17	10001
7	0111	18	10010
8	1000	19	10011
9	1001	20	10100
10	1010	21	10101

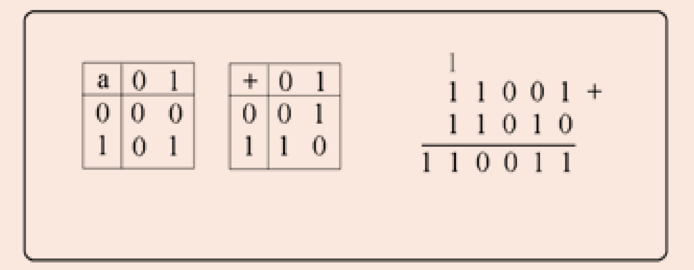
También en el sistema binario cada dígito representa un valor según la posición que ocupe en la secuencia, así al número 13 le corresponde la secuencia en sistema binario 1101 debido a que $13 = 1(2^3) + 1(2^2) + 0(2^1) + 1(2^0)$.

En [6] puede consultarse una excelente introducción al álgebra booleana, la cual puede pensarse como el álgebra de un sistema de dos elementos (0 y 1) con los operadores binarios AND y OR, así como la operación unaria de complemento NOT. El álgebra booleana tiene una aplicación natural en la teoría de circuitos de conmutación eléctrica; Whitesitt [6, Cap. 6] muestra una configuración mediante compuertas lógicas para la suma y resta de números en el sistema binario, lo cual esté estrechamente relacionado al presente trabajo.

Es deseable que el lector esté familiarizado con la suma de números en el sistema binario para que comprenda el funcionamiento del instrumento propuesto. Afortunadamente lo anterior no es un requisito para poder construir la sumadora.

Ejemplo. Suma en el sistema binario y acarreo.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo para la suma de dos números en el sistema binario.



a	0	1
0	0	0
1	0	1

+	0	1
0	0	1
1	1	0

$$\begin{array}{r} 1 \\ 11001 + \\ 11010 \\ \hline 110011 \end{array}$$

Figura 1. Ejemplo para sumar dos números binarios.

El cálculo realizado a la derecha de la Figura 1 consiste en la suma en el sistema binario de los números 11001 y 11010. Esta suma es llevada a cabo mediante las dos tablas de la Figura 1: la tabla de la izquierda muestra el cálculo del *acarreo*, a lo que comúnmente nos referimos como "lo que se lleva" y en la tabla de la derecha se muestra el cálculo del dígito de la suma. En la primera columna de derecha a izquierda se calcula 1+0 dando como resultado 1 y acarreo 0 (que no se apunta), en la segunda columna se calcula 0+1 dando 1 y acarreo 0, en la tercera columna se calcula 0+0 obteniendo 0 con acarreo 0; en la cuarta columna 1+1 da como resultado 10_2, i.e., dígito 0 y acarreo 1. Finalmente, $1+1+1 = 11_2$ de donde se sigue que la suma es 1 con acarreo igual a 1, ese acarreo solamente se escribió en la línea de resultados pues ya no había más elementos para sumar.

Algoritmo para la suma en el sistema binario de números de tres dígitos

El diseño de un dispositivo que realice la suma de dos números de varios dígitos en el sistema binario, precisa de una descripción del algoritmo de la suma donde todas las posibilidades estén contempladas. El método resultante es un poco más elaborado que el ejemplo ya descrito.

En seguida se muestra el procedimiento paso a paso, para sumar dos números binarios de tres dígitos cada uno, en el entendido de que es suficiente para generalizar a más dígitos. Aquí se hace un uso estricto de las tablas para la suma y para el acarreo mostradas en el ejemplo anterior.

Iniciamos con la suma de los primeros dígitos d_1 y c_1, dando como resultado f_1 para el dígito de la suma y, acarreo igual a a_1; la siguiente figura muestra el registro de estos resultados:

$$\begin{array}{cccc} & a_1 & & \\ d_3 & d_2 & d_1 & + \\ c_3 & c_2 & c_1 & \\ \hline & & f_1 & \end{array} \qquad \begin{array}{l} f_1 = \text{suma}(d_1, c_1) \\ a_1 = \text{acarreo}(d_1, c_1) \end{array}$$

Figura 2. Suma de los primeros dígitos.

Luego, se calcula la suma parcial del acarreo a_1 con el dígito d_2 y se obtiene el dígito s_1 para la suma y un acarreo igual a a_2:

$$\begin{array}{cccc} & a_1 & & \\ d_3 & d_2 & d_1 & + \\ & a_2 s_1 & & \\ c_3 & c_2 & c_1 & \\ \hline & & f_1 & \end{array} \qquad \begin{array}{l} s_1 = \text{suma}(a_1, d_2) \\ a_2 = \text{acarreo}(a_1, d_2) \end{array}$$

Figura 3. Suma parcial y acarreo.

Sumando s_1 con el dígito c_2 obtenemos f_2 como dígito de la suma y acarreo a_3, como se muestra en la figura:

$$\begin{array}{cccc} a_4 & a_1 & & \\ d_3 & d_2 & d_1 & + \\ & a_2 s_1 & & \\ & a_3 & & \\ c_3 & c_2 & c_1 & \\ \hline & f_2 & f_1 & \end{array} \qquad \begin{array}{l} f_2 = \text{suma}(s_1, c_2) \\ a_2 = \text{acarreo}(s_1, c_2) \\ a_4 = \text{suma}(a_2, a_3) \end{array}$$

Figura 4. Suma de los segundos dígitos y acarreo.

Los acarreos recientes se suman entre sí para obtener el acarreo total $a_4 = a_2 + a_3$, es importante aclarar que esta suma de acarreos nunca genera un nuevo acarreo y no es difícil convencerse que a_2 y a_3 no toman el valor 1 simultáneamente.

El mismo procedimiento se repite sobre la siguiente columna, como se ilustra en la figura:

$$\begin{array}{ccccc} & a_4 & a_1 & & \\ & d_3 & d_2 & d_1 & + \\ & a_5 s_2 & a_2 s_1 & & \\ & a_6 & a_3 & & \\ & c_3 & c_2 & c_1 & \\ \hline f_4 & f_3 & f_2 & f_1 & \end{array} \qquad \begin{array}{l} s_2 = \text{suma}(a_4, d_3) \\ a_5 = \text{acarreo}(a_4, d_3) \\ f_3 = \text{suma}(s_2, c_3) \\ a_6 = \text{acarreo}(s_2, c_3) \\ f_4 = \text{suma}(a_5, a_6) \end{array}$$

Figura 5. Suma con acarreo en el sistema binario.



Retomando el ejemplo anterior (Figura 1), podemos incorporar en la operación las sumas parciales y acarreos previos. La siguiente figura muestra el registro de cada uno de los pasos descritos anteriormente.

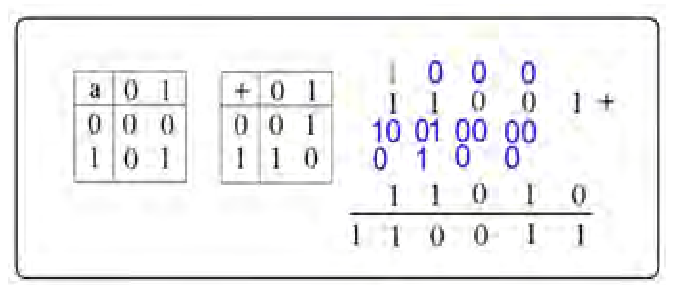


Figura 6. Ejemplo detallado de la suma de dos números binarios.

ELEMENTOS PARA EL DISEÑO

Es deseable comprender al menos un poco de circuitos lógicos, en particular sobre la *conexión en serie* y la *conexión en paralelo*, para darse cuenta que conectar de manera apropiada un par de interruptores para lograr el resultado deseado es una tarea simple.

Un interruptor de los que usamos en casa para encender una lámpara es un dispositivo mecánico muy sencillo. Consta de dos terminales donde conectan cables y una parte móvil que al accionarse pone en contacto físico dichas terminales y permite que la energía eléctrica fluya a través de él. El esquema para un interruptor como el mencionado se muestra en la siguiente figura:

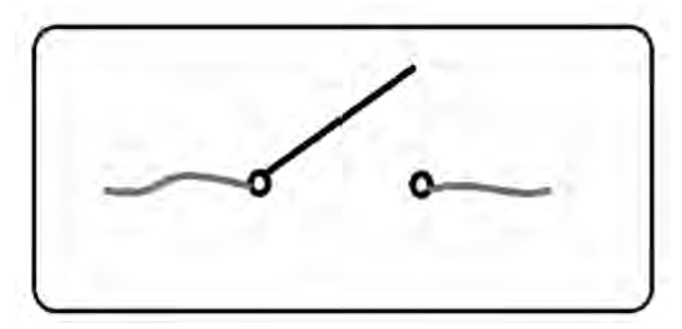


Figura 7. Representación de un interruptor.

Ésta es la versión más sencilla de un interruptor y se le conoce como interruptor de un polo, un tiro, dos posiciones: abierto y cerrado. Sin embargo para nuestros fines son necesarios interruptores no tan simples, como los que describimos a continuación.

En hogares de más de una planta suele haber una lámpara que ilumina las escaleras, donde el usuario puede encender o apagar la lámpara desde el pie de la escalera o desde la parte alta. Para construir el circuito correspondiente se requiere de interruptores de un polo, dos tiros y dos posiciones, el esquema se observa en la Figura 8.

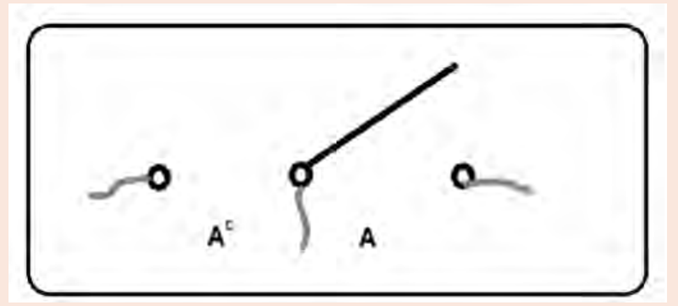


Figura 8. Interruptor un polo dos tiros dos posiciones.

En realidad se trata de dos interruptores simples acoplados, y se identifican con A y A^C pues si la corriente entra por el nodo central saldrá ya sea por A o por A^C pues es de dos posiciones; así, si A esta cerrado ($A=1$), A^C estará abierto ($A=0$) y viceversa. Existen dos formas de conectar dos interruptores de este tipo para controlar la lámpara de la escalera ya mencionada, una de estas formas está dada por el diagrama de la Figura 9.

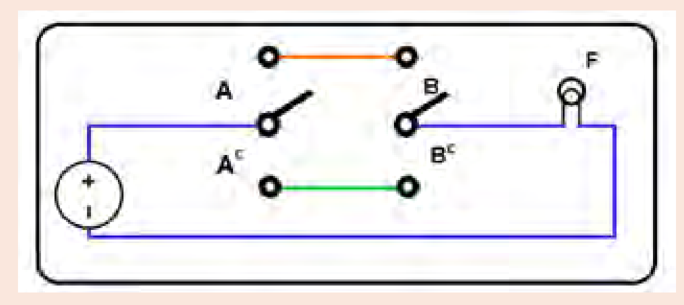


Figura 9. Circuito de la escalera I.

En este diagrama se observa que para que la lámpara encienda, A y B deben estar ambos cerrados ($A=1$ y $B=1$) o ambos abiertos ($A=0$ y $B=0$). Evidentemente, si sucede que ($A=1$ y $B=0$) o que ($A=0$ y $B=1$) la lámpara estará apagada.

Las lámparas utilizadas para nuestro prototipo son diodos emisores de luz conocidos como LEDS.

Es necesario mostrar dos tipos de conexiones que dan lugar a expresiones para representar un circuito.

Conexiones en serie y en paralelo

Dos interruptores se dice están conectados en serie, cuando la salida de un interruptor está conectada a la entrada del otro interruptor (Figura 10).

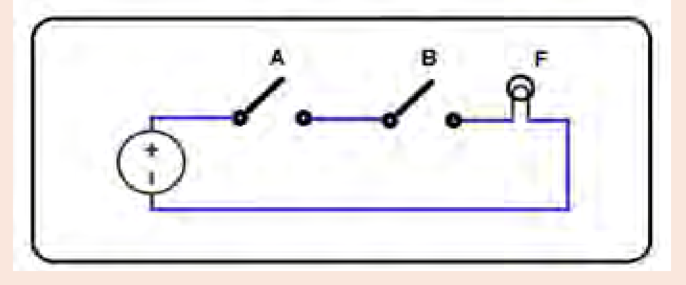


Figura 10. Conexión en serie.

Se caracteriza porque es necesario que ambos interruptores estén cerrados ($A=1$ y $B=1$) para que la lámpara esté encendida ($F=1$). Simbólicamente, esto se representa como $F= A \wedge B$, al igual que se hace con la intersección de conjuntos. Para una exposición más completa de la teoría y aritmética de conjuntos, se puede consultar [7] y [8].

Dos interruptores se dicen estar conectados en paralelo si sus entradas están conectadas entre sí y también sus salidas están conectadas entre sí (Figura 11).

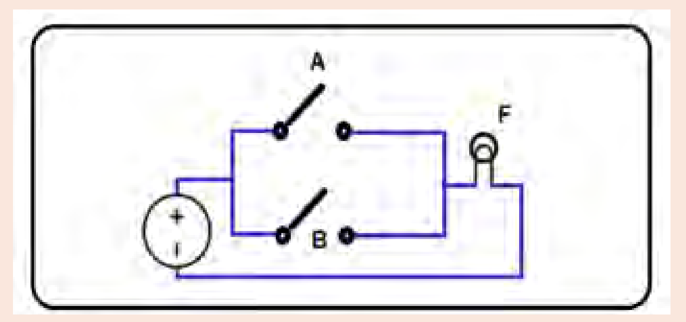


Figura 11. Conexión en paralelo.

Para que la lámpara F esté encendida basta que uno de los interruptores este cerrado ($A=1$ o $B=1$). Esta conexión se representa en símbolos por $F=A \vee B$ pues tiene el mismo comportamiento que la unión de conjuntos.

Es posible combinar los dos tipos de conexiones anteriores para generar comportamientos con mayor variedad, así el diagrama de escalera de la Figura 8 es una conexión mixta donde se observa que A y B están conectados en serie, A^c y B^c también están conectados en serie, a su vez la conexión $A \wedge B$ y la conexión $A^c \wedge B^c$ están conectadas en paralelo, en otras palabras la expresión para el circuito es $F= (A \wedge B) \vee (A^c \wedge B^c)$.

A la conexión $A \wedge B$ se le conoce como compuerta AND y a la expresión $A \vee B$ se le conoce como la compuerta OR.

Existe otra forma de construir el circuito de la escalera y se caracteriza por funcionar totalmente opuesto al circuito de la escalera I (Figura 8), esto es, ahora la lámpara estará encendida si A y B toman valores contrarios y estará apagada si A y B toman valores iguales. El diagrama correspondiente se muestra en la Figura 12.

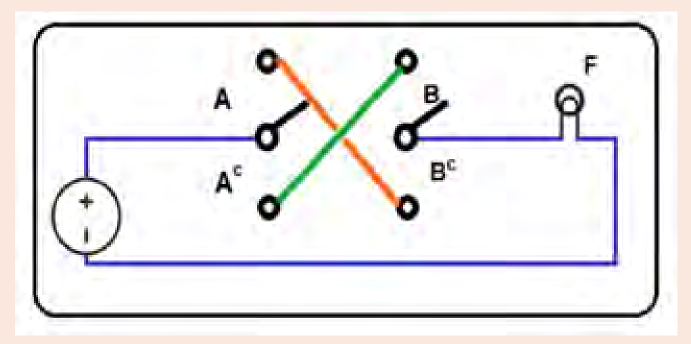


Figura 12. Circuito de la escalera II.

La expresión para este circuito es $F= (A \wedge B^c) \vee (A^c \wedge B)$ y recibe el nombre de compuerta XOR.

SUMADORA

En este circuito se utilizan interruptores de dos polos dos tiros y dos posiciones.

En la Figura 13 se muestra el circuito que realiza la suma de dos dígitos binarios. Es necesario precisar que las lámparas c_1 y d_1 nos indicarán si los interruptores se activarán o no.

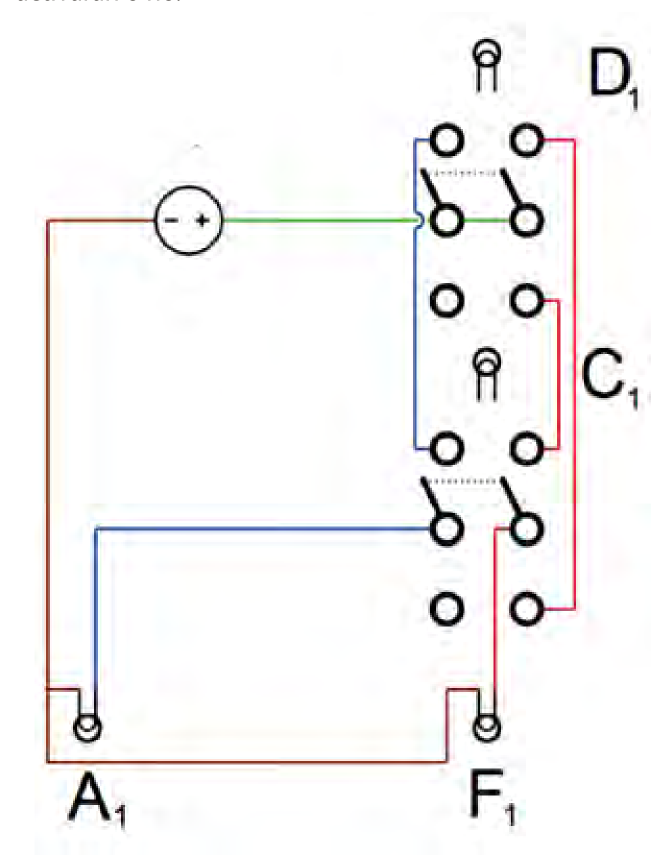


Figura 13. Circuito semisumador.

Podemos afirmar que cada par Lámpara-Interruptor constituye un relevador manual, esto es: la señal luminosa nos indica que el interruptor deberá ser deslizado hacia ella. Es deseable evitar el uso de relevadores automáticos que pueden restar credibilidad al instrumento y aumentar su costo. Hasta esta parte el relevador manual tiene un uso poco significativo, sin embargo en el diseño del prototipo completo juega un papel medular.

Nótese que para calcular el dígito de la suma de c_1 con d_1 se utiliza una compuerta XOR representada por $f_1= (d_1 \wedge c^c_1) \vee (d^c_1 \wedge c_1)$, de hecho es idéntica a la segunda versión mostrada del circuito de la escalera (Figura 12). También se observa que para obtener el acarreo simplemente hay que conectar en serie a c_1 con d_1, esto es: $a_1= c_1 \wedge d_1$.

Una vez entendido el circuito semisumador, mencionamos los aspectos necesarios para comprender

el funcionamiento del sumador de números de dos o más dígitos binarios. El diagrama se muestra en la Figura 14. Es importante aclarar que la distribución de los interruptores ha sido levemente modificada a fin de que los relevadores manuales correspondientes a sumas parciales y algunos de los acarreos queden todos en la parte superior y con ello facilitar la operación.

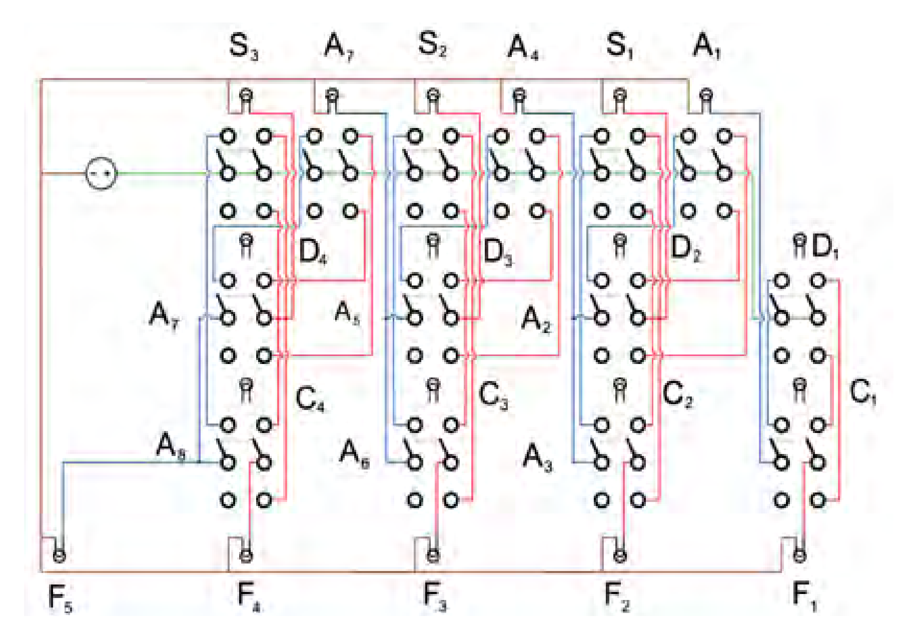


Figura 14. Circuito para sumar dos números de cuatro dígitos binarios.

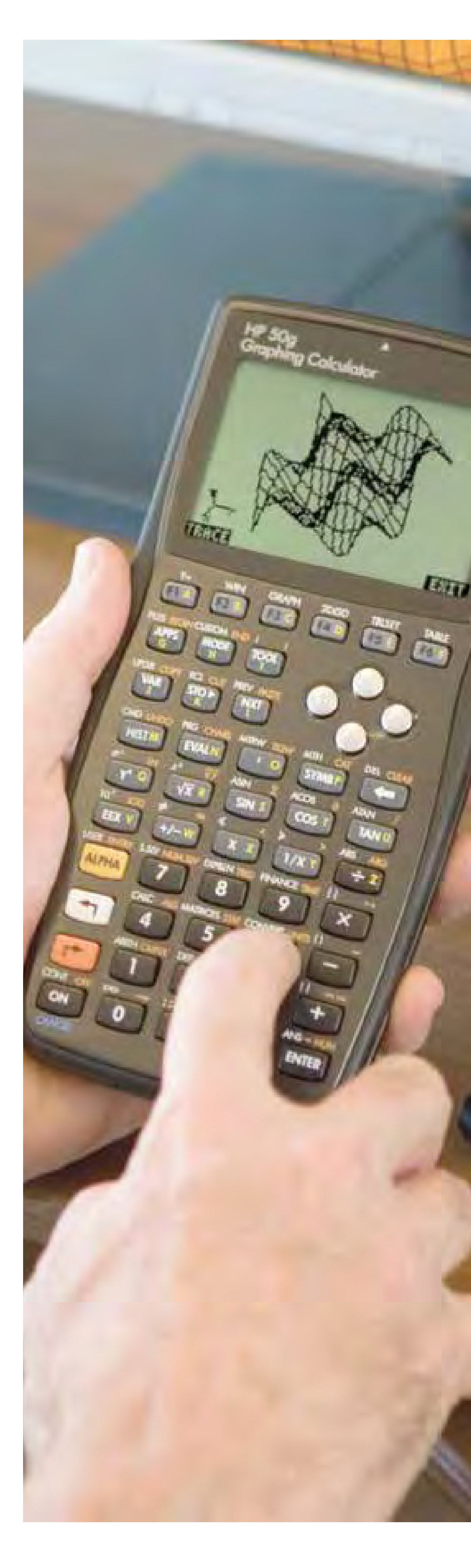
Los pares de lámpara e interruptor que aparecen en la parte superior del instrumento son relevadores manuales muy importantes en el diseño propuesto, de modo que deben ser accionados (desplazados) por el usuario de acuerdo al estado de la lámpara correspondiente: encendida o apagada. Una lámpara encendida nos indica un resultado parcial, ya sea de un acarreo o del dígito de la suma. De esta manera, una vez introducidos los dos sumandos se accionan los interruptores según indiquen las lámparas D_i y C_i , revisamos las lámparas superiores de derecha a izquierda y si una lámpara está encendida, entonces accionamos el interruptor correspondiente. Puede ser que las lámparas de la izquierda cambien su estado al accionar algún interruptor de la derecha.

Un detalle importante es que los acarreos que resultan de sumar dos acarreos son muy simples de obtener. Se puede probar sin mucha dificultad, como ya lo habíamos mencionado, que los acarreos a sumar no pueden ser ambos iguales a 1 al mismo tiempo, de esta manera simplemente hay que unir los cables para enviar la señal eléctrica pues basta que uno tenga corriente eléctrica para que la suma sea uno. Nótese que F_5 se calcula de esa manera.

Con el fin de que el usuario no requiera de la consulta de las equivalencias entre el sistema decimal y el sistema binario, introducimos dos circuitos especiales: un codificador, que convierte un número dado en el sistema decimal a su expresión en el sistema binario y, un decodificador, que convierte el resultado obtenido por la suma en el sistema binario al sistema decimal.

Circuito codificador

Construir el circuito que traduzca números dados en sistema decimal a sistema binario no es una tarea sencilla. En condiciones normales la traducción se realiza utilizando el algoritmo de expansión que consiste de realizar multiplicaciones y sumas de manera apropiada, un procedimiento más



elaborado que el procedimiento de suma que se pretende exhibir. Además el circuito lógico correspondiente es más complicado que el circuito lógico para sumar números binarios.

Afortunadamente se ha encontrado la forma de construir un circuito lógico mucho más sencillo que el anterior. Ayuda enormemente acotar los números decimales a introducir; del cero al diez, si el circuito se desea realizar en base a interruptores solo se requieren interruptores de tres polos, pues los números binarios correspondientes a los decimales ocupan a lo más tres dígitos binarios. Es difícil encontrar interruptores de tres polos en el mercado, pero gracias a la popularización de las herramientas de corte con control numérico (para una mayor información sobre los sistemas de control numérico puede consultar [9]) y a la disponibilidad de programas CAD para el diseño, se pueden fabricar con relativa facilidad incluso de muchos más polos. El circuito estará elaborado con interruptores de cinco polos, un polo será utilizado para hacer evidente el número decimal que se está introduciendo. Y aunque sobren polos, es preferible que los mismos polos no utilizados reflejen que no se ocupan, además fabricándolos de dos tiros es posible reducir el número de interruptores y el espacio. Es importante resaltar que en este circuito codificador los interruptores serán de cinco polos dos tiros y tres posiciones, en los otros circuitos todos serán de dos posiciones, dos tiros y varían la cantidad de polos.



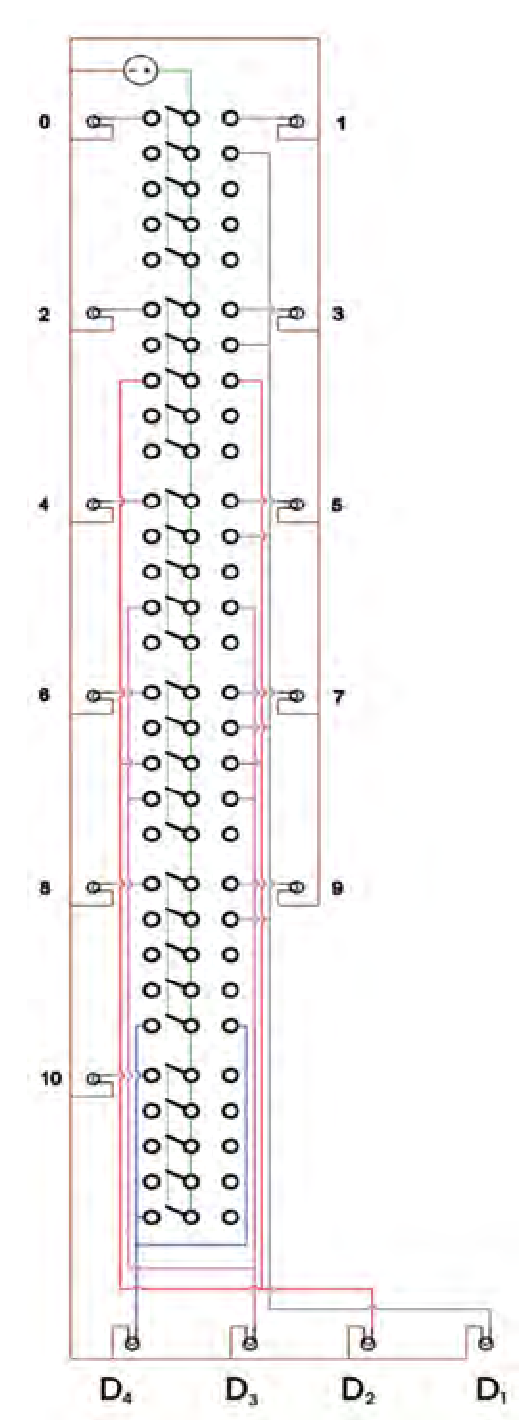


Figura 15. Circuito codificador

Observando la Tabla 1 de las equivalencia entre el sistema decimal y el sistema binario, podemos deducir qué lámparas deben encenderse cuando se acciona de manera única el interruptor correspondiente a alguno de los números a sumar; por ejemplo, si se acciona el interruptor correspondiente al dígito 5, se encenderá la lámpara precisamente a un lado del 5 y, dado que la secuencia en el sistema binario para el 5 es 0101, se deben encender sólo

las lámparas D_3 y D_1. Así, sólo accionando los interruptores correspondientes a los números impares pueden encender la lámpara D_1 ; los interruptores correspondientes a 2, 3, 6, 7 y 10 pueden encender la lámpara D_2 y 4, 5, 6 y 7 pueden encender la lámpara D_3, los interruptores de los números 8, 9 y 10 mandan a encender la lámpara D_4. Es necesario especificar que en el circuito para funcionar de manera adecuada sólo hay que activar un interruptor a la vez, para introducir el segundo sumando se requiere de otro circuito idéntico. De esta manera al activar un interruptor se enviará al circuito sumador una secuencia de cuatro dígitos binarios D_4, D_3, D_2 y D_1 para el primer sumado y con el otro circuito se enviará la secuencia C_1, C_2, C_3 y C_4, visualizándose como lámparas encendidas o pagadas. El usuario debe accionar hacia arriba a los interruptores que tengan una lámpara encendida.

Circuito decodificador

Una vez obtenida la suma en el sistema binario dada por la secuencia (F_5, F_4, F_3, F_2, F_1) es deseable visualizar el resultado en nuestro conocido sistema decimal, el método normal para llevar a cabo esta traducción utiliza en cada uno de sus pasos al algoritmo de la división, procedimiento más complicado que el procedimiento que deseamos resaltar, para saber más se puede consultar Karris [10] y Holdsworth y Woods [11]. Afortunadamente, debido a las restricciones introducidas y a la posibilidad de fabricar interruptores con la cantidad necesaria de polos, es posible diseñar un circuito que realice la tarea sin recurrir a algoritmos complicados. Nos limitaremos señalar que el circuito tiene forma de árbol, en la Figura 16 se puede constatar que las secuencias (0,0,0,0,0), (0,0,0,0,1), (0,0,0,1,0) y (0,0,0,1,1) encienden las lámparas correspondientes a las sumas 0, 1, 2 y 3.

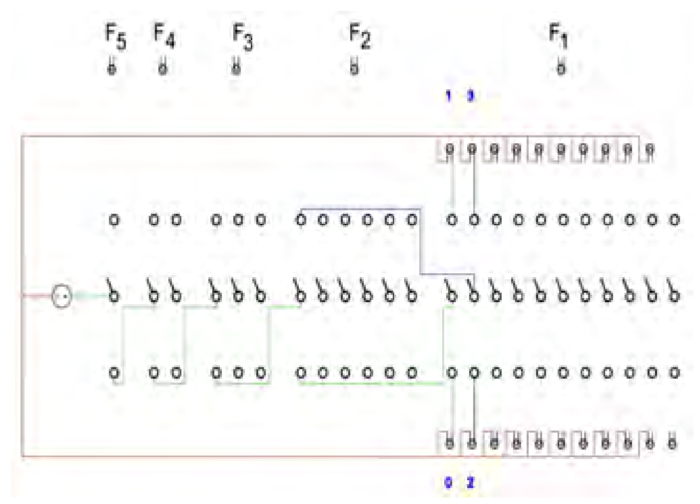


Figura 16. Decodificador para 0, 1, 2 y 3.

De la misma manera sucede para las secuencias (0,0,1,0,0), (0,0,1,0,1), (0,0,1,1,0) y (0,0,1,1,1) para las sumas 4, 5, 6 y 7.

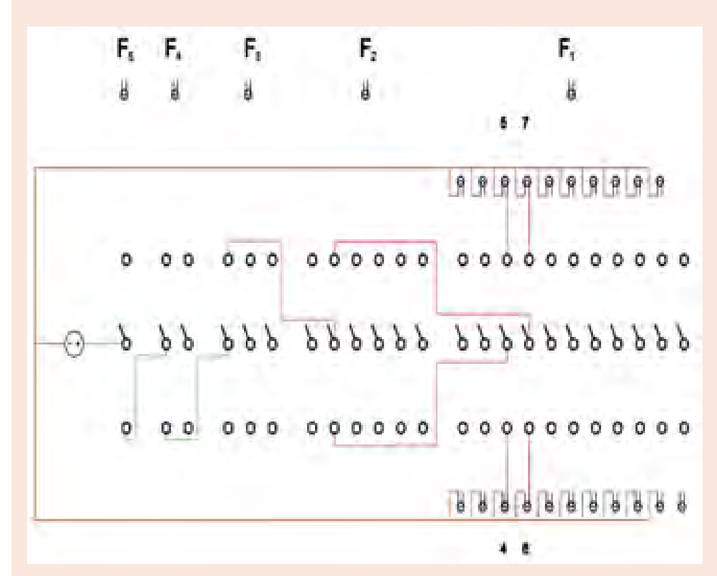


Figura 17. Decodificador para 4, 5, 6 y 7.

Para mostrar que el circuito funciona, verifique que cuando sólo uno de los interruptores correspondientes a los dígitos 0, 1, 2 o 3 es activado, se enciende la lámpara correspondiente.

El siguiente circuito tiene la capacidad de convertir una secuencia de cinco dígitos binarios al número decimal correspondiente. Observe que fue necesario utilizar interruptores con una cantidad de polos poco común; en caso de haber diseñado nuestro instrumento para recibir números más grandes que diez, eso implicaría la necesidad de incrementar aún más la cantidad de polos.

Para operar el circuito es necesario activar los interruptores según lo indique la secuencia F_5, F_4, F_3, F_2, F_1, esto es si alguna lámpara está encendida el interruptor deberá deslizarse hacia ella y, si está apagada deberá alejarse de él.





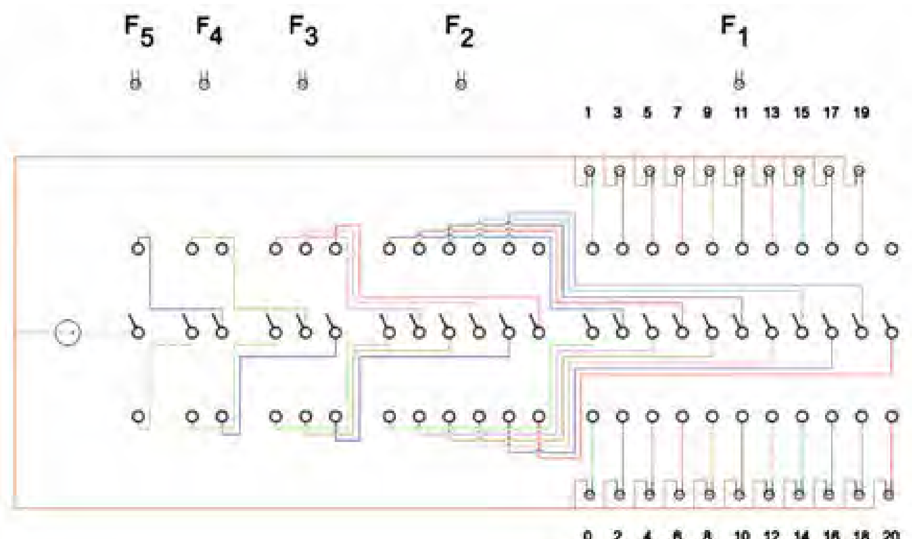


Figura 18. Circuito decodificador.

Se puede verificar el funcionamiento utilizando la tabla de la Figura 1. Las expresiones para cada uno de los resultados están dadas en la siguiente tabla.

Tabla 2. Expresiones de las funciones del decodificador.

$R_0 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1^c)$	$R_{10} = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2) \wedge (F_1^c)$
$R_1 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1)$	$R_{11} = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2) \wedge (F_1)$
$R_2 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2) \wedge (F_1^c)$	$R_{12} = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1^c)$
$R_3 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2) \wedge (F_1)$	$R_{13} = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1)$
$R_4 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1^c)$	$R_{14} = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3) \wedge (F_2) \wedge (F_1^c)$
$R_5 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1)$	$R_{15} = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3) \wedge (F_2) \wedge (F_1)$
$R_6 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3) \wedge (F_2) \wedge (F_1^c)$	$R_{16} = (F_5) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1^c)$
$R_7 = (F_5^c) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3) \wedge (F_2) \wedge (F_1)$	$R_{17} = (F_5) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1)$
$R_8 = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1^c)$	$R_{18} = (F_5) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2) \wedge (F_1^c)$
$R_9 = (F_5^c) \wedge (F_4) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2^c) \wedge (F_1)$	$R_{19} = (F_5) \wedge (F_4^c) \wedge (F_3^c) \wedge (F_2) \wedge (F_1)$

Puede verificar que la suma 20, se obtiene con la expresión $R_{20} = (F_5) \wedge (F^c_4) \wedge (F_3) \wedge (F^c_2) \wedge (F^c_1)$, este resultado se obtiene cuando $F_5 = 1$, $F_4 = 0$, $F_3 = 1$, $F_2 = 0$ y $F_1 = 0$, pues la secuencia correspondiente al número 20 en sistema binario es 10100.

Partes del prototipo



Figura 19. Vista trasera de las terminales del codificador.

Las terminales son fragmentos de alfileres con cabeza que se insertan en orificios previamente realizados con el radio necesario para que los alfileres

entren a presión y se detengan en las terminales, en donde se conectan los cables que dan forma a cada circuito.



Figura 20. Elementos deslizantes.

Los elementos deslizantes están formados por tres capas de rectángulos con orificios para insertar grapas de tal manera que estas produzcan el contacto físico entre las terminales cuando los elementos deslizantes son arrastrados hasta uno de sus extremos



Figura 21. Placa cajón para elementos deslizantes.

La placa cajón permite que el elemento deslizante tenga la libertad de movimiento en un solo sentido sin que se pierda el contacto con las terminales que yacen en la parte de abajo.



Figura 22. Estado del prototipo.

Resumen de la operación:

- ♦ El usuario enciende el dispositivo donde se encuentra un signo "+".
- ♦ Luego activa dos interruptores del área de entrada, según sea la elección de los sumandos.
- ♦ Se fija en el estado de las lámparas donde se indican los dígitos en binario de los sumandos y activan los interruptores correspondientes, en ese momento ha introducido los sumandos a la sumadora.
- ♦ Revisa el resultado obtenido de cinco dígitos binarios y activa los interruptores correspondientes de la unidad decodificadora.
- ♦ Por último activa el interruptor que esta junto al símbolo "=", y se debe observar que enciende la lámpara correspondiente al resultado correcto.

CONCLUSIONES

Se ha logrado construir un prototipo didáctico que permite una alta interacción con el usuario en el proceso de cómputo, que en este caso corresponde a la suma. Además, le permite al usuario visualizar claramente el proceso interno, lo cual propicia un mayor entendimiento del cómputo aritmético a través de circuitos eléctricos y, la utilización de elementos sencillos aumenta la confianza de que no existen trampas ni aspectos obscuros presentes en el prototipo.

El hecho de haber evitado el uso de relevadores automáticos obliga a que el usuario sea partícipe del procedimiento de cálculo, de manera muy similar a cuando se llega a realizar una tarea en una computadora donde el usuario toma decisiones importantes para lograr su objetivo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] T. Infante y M. Benítez, "Historia de la computación y estructura de un computador". En línea, recuperado el 3 de noviembre de 2016 en: http://www.ilustrados.com/tema/894/Historia-computacion-estructura-computador.html

[2] Peter Norton, "Introduction to Computers", Concepts Series, 9th edition, McGraw-Hill, 2008.

[3] N. Balabanian and B. Carlson, "Digital Logic Design Principles", Wiley India Pvt. Limited, 2007.

[4] M. Morris Mano and Michael D. Ciletti, "Digital Design with An Introduction to the Verilog HDL", Pearson Publishers, Fifth Edition, 2013.

[5] A. Glaser, "History of binary and other nondecimal numeration", Anton Glaser Publisher, 1971.

[6] J. E. Whitesitt, "Boolean Algebra and Its Applications", Reading, Mass: Addison-Wesley, 1961.

[7] T. Jech, "Set Theory: The Third Millennium Edition, revised and expanded". Springer Monographs in Mathematics, 2006.

[8] S. Lipschutz, "Schaum's Outline of Set Theory and Related Topics". Schaum's Series, McGraw-Hill Education, 1998.

[9] J. Francis Reintjes, "Numerical Control: Making a New Technology". Oxford Series on Advanced Manufacturing, Oxford University Press, 1991.

[10] Steven T. Karris, "Digital Circuit Analysis and Design with Simulink Modeling and Introduction to CPLDs and FPGAs". Orchard Publications, 2007.

[11] B. Holdsworth and C. Woods, "Digital Logic Design". Newnes, 4th edition, revised. 2002.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO-BIOLÓGICAS: INICIOS Y PERSPECTIVAS DE ASESORÍA ACADÉMICA

Chemical-Biological Science Department: Beginning and Prospects of Academic Advisory

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

María Rosa Estela Lerma Maldonado[1]
José Manuel Aguilar García[2]
María Alba Guadalupe Corella Madueño[3]
Rosa Marina Arvayo Ortiz[4]
Julio Cesar Lozano Aviles[5]

Recibido: 20 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
M. C. María Rosa Estela Lerma Maldonado
Correo: rlerma@guayacan.uson.mx

Resumen

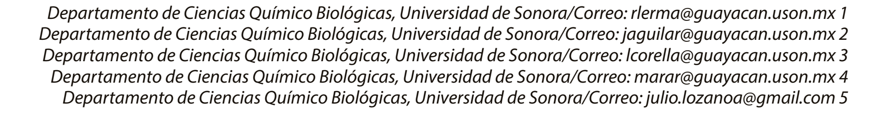
El "Programa de Asesorías Académicas en el Área Básica del Departamento de Ciencias Químico Biológicas" es un programa continuo que inició en el semestre 2008-2, a petición de los Comités Evaluadores CIEES, como respuesta al bajo porcentaje en aprobación de las asignaturas del área básica y a la alta incidencia de alumnos en riesgo. Las asesorías fueron desarrolladas por maestros de tiempo completo, adscritos al Departamento. Los alumnos fueron convocados a participar voluntariamente. Se muestran los resultados obtenidos en los dos primeros semestres de implementación del programa. En el primer periodo asistieron 58 alumnos, de los cuales aprobaron 44 (75.8 %) y en el segundo asistieron 30, aprobando 22 (73.3%). Se observa que un alto porcentaje de los alumnos voluntarios del programa, lograron aprobar las asignaturas reincidentes. En el presente estudio se logró definir la problemática y en consecuencia, permitió proponer una estrategia correctiva potencial para solucionarla.

Palabras clave: Asesorías, alumnos, universidad.

Abstract

The "Academic Advising Program in the Basic Area of the Department of Chemical and Biological Sciences" is a continuous program, which began in the 2008-2 semester at the request of the CIEES in response to the low approval percentage and high incidence of repeat students in the basic area. The advisories were developed by full-time teachers, assigned to the Department. Students were invited to participate voluntarily. The results obtained during the first year that the program was implemented are showed. In the first period attended by 58 students, of which 44 approved (75.8%) and the second was attended by 30, approving 22 (73.3%). It is noted that a high percentage of volunteer students in the program, managed to pass the recidivists subjects. In the present study it was possible to define the problem and thus allowed us to propose a potential corrective strategy to solve it.

Keywords: *Advisories, student, university*


Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora/Correo: rlerma@guayacan.uson.mx 1
Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora/Correo: jaguilar@guayacan.uson.mx 2
Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora/Correo: lcorella@guayacan.uson.mx 3
Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora/Correo: marar@guayacan.uson.mx 4
Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora/Correo: julio.lozanoa@gmail.com 5



INTRODUCCIÓN

Ante una sociedad globalizada, cuya dinámica se sustenta esencialmente en el conocimiento y la información, la educación superior mexicana requiere transformar su forma de operación e interacción con la sociedad. Todo programa educativo deberá aspirar a la formación de profesionales que cubran los perfiles más exigentes del medio laboral e intelectual, tanto en los planos técnico, profesional y científico, como en el plano de la formación de la nueva ciudadanía [1]. Para cumplir con esta nueva visión, es necesario establecer un nuevo paradigma, encaminado a mejorar la formación de los estudiantes, mediante el ofrecimiento de una educación de calidad [2].

En este escenario, la atención personalizada al estudiante constituye, sin lugar a dudas, un recurso de gran valor, que implica visualizar al alumno como participante activo del proceso formativo, en lugar de ser un receptor pasivo. Además, esta estrategia propicia el logro del desarrollo integral, contribuye a la adaptación del estudiante al ambiente escolar y al fortalecimiento de sus habilidades de estudio y de trabajo [3]. Entre los elementos más importantes para impulsar esta transformación está la asesoría académica, que se define como un medio de comunicación abierta y libre entre el alumno, que quiere adquirir una preparación profesional y humana, y el profesor, que está comprometido en la búsqueda y enseñanza de la verdad [4]. Este tipo de atención puede ayudar, adicionalmente, a abatir los índices de reprobación y rezago escolares, a disminuir las tasas de deserción y a mejorar el porcentaje de egreso [5].

Otro de los principales problemas de la Educación Superior en México, se refiere a los altos índices de reprobación de materias y la baja eficiencia terminal de los egresados [6], problema que no es reciente; hace ya casi dos décadas, Díaz de Cossío (1998) mencionaba que en la educación superior mexicana, de cada 100 alumnos que ingresaban, 60 terminaban las materias contenidas en el plan de estudios en un lapso de cinco años y de éstos, sólo 20 se titulaban. De los que se titulaban, sólo dos (10%) lo lograban en edades entre 24 o 25 años; el resto lo hacía en edades entre 27 y 60 años [5].

Nuestra institución no está exenta de esta problemática, puesto que los estudiantes que ingresan a las licenciaturas ofrecidas por el Departamento de Ciencias Químico Biológicas, presentan dificultad para aprobar en los primeros semestres, algunas de las materias del eje básico, principalmente del área de matemáticas, física y química. De hecho, algunos estudiantes se ven en la necesidad de cursar por segunda o incluso por tercera vez alguna materia del eje básico. Esto trae consigo una situación de descontrol, que, en muchas ocasiones, lleva al alumno a un cambio de licenciatura o en casos extremos, a abandonar los estudios universitarios [7].

DESARROLLO

La jefatura del Departamento de Ciencias Químico Biológicas, tomando en cuenta la sugerencia de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES), solicitó a un grupo de docentes del área



básica, diseñar una estrategia para mejorar el índice de reprobación de las materias de Química del área básica, lo que llevó al planteamiento de un programa con el siguiente objetivo general: Implementar un programa permanente de asesoría académica en las asignaturas de Química del área básica del Departamento de Ciencias Químico Biológicas, en cumplimiento del Plan de Desarrollo Institucional 2005-2009 [8]. Este programa se fundamenta en las políticas del Programa Institucional de Tutorías (PIT) 2002 [9], de nuestra institución; y su desarrollo conduciría a establecerlo de manera permanente para la resolución de la problemática existente.

Mediante este programa se ofreció al estudiante el apoyo y supervisión pertinentes en temas que representen mayor dificultad con el fin de abatir las deficiencias y rezagos académicos y cumplir con los objetivos de enseñanza aprendizaje planteados en cada una de las asignaturas contenidas en el plan de estudios de las licenciaturas de Químico Biólogo Clínico y Químico en Alimentos.

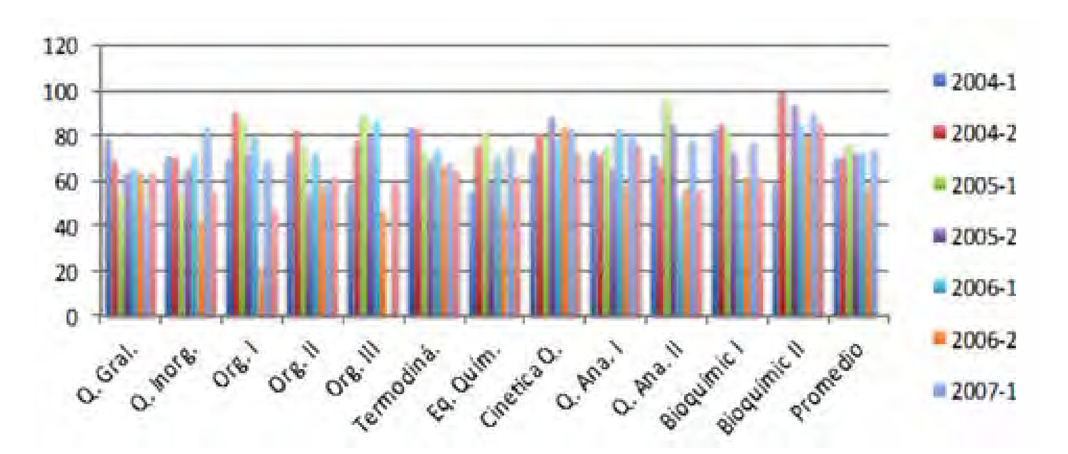
El procedimiento que se siguió en el desarrollo del programa de asesorías académicas para los alumnos del área básica del Departamento de Ciencias Químico Biológicas fue el siguiente:

1. Se analizaron las estadísticas de alumnos inscritos, aprobados, reprobados y el porcentaje de aprobación en las materias de Química del área básica: Química General, Química Inorgánica, Química Orgánica I, II y III, Química Analítica I y II, Bioquímica I y II, Termodinámica Química, Equilibrio Químico y Cinética Química, de los semestres 2004-1 hasta el 2007-2 (Tabla 1 y Gráfica 1). (Información obtenida de la Dirección de Servicios Escolares de la Universidad de Sonora).

En éstas se observa una disminución en el porcentaje de aprobación. Por ejemplo en el semestre 2004-2 se obtuvieron porcentajes de aprobación superiores al 60 en todas las materias, pero en semestres posteriores se obtuvieron porcentajes inferiores al 60. Tal es el caso de los semestres 2006-2 y 2007-2, en los cuales de las 12 materias del área básica, 7 y 4 materias en los semestres respectivos, registraron una disminución del porcentaje de aprobación a menos del 60.

Tabla 1. Situación del Departamento de Ciencias Químico Biológicas en los ciclos anteriores al programa de asesoría académica, indicada como porcentajes de aprobación en las diferentes asignaturas de Química del Área Básica, obtenidos en los períodos del 2004-1 al 2007-2

Materia	2004-1	2004-2	2005-1	2005-2	2006-1	2006-2	2007-1	2007-2
Q. General	78.6	69.3	55.3	62.8	65.4	63.1	47.6	63.1
Q. Inorgánica	70.5	70.2	53.3	64.7	71	42.5	83.5	55.5
Q. Orgánica I	69.6	90.2	88	71	79.1	21.4	69.5	46.9
Q. Orgánica II	71.9	82.4	76.3	53.8	71.7	56.8	59	61.5
Q. Orgánica III	57.9	77.3	89	79.2	86.4	46.3		58.8
Termodinámica	83.3	82.9	72.4	68	73.6	66	67.7	63.8
Equilibrio Q.	55.5	75.4	81.2	59	70.8	47.4	74.5	61.2
Cinética Q.	72	80.7	78.9	88.5	77.8	83.3	82.8	72.6
Q. Analítica I	73	70.5	75	64.7	82.7	57	80	75.8
Q. Analítica II	71.4	65.8	96.7	84.6	51.3	56.5	77.4	55.7
Bioquímica I	82.2	84.9	82.3	72.6	57.1	61.3	76.9	60.8
Bioquímica II	58.8	98.9	67.9	93.3	84.2	79.2	89.7	84.3
Promedios	70.39	79.04	76.35	71.85	72.59	56.7	73.51	63.3



Gráfica 1. Situación del Departamento de Ciencias Químico Biológicas en los ciclos anteriores a la asesoría académica. Porcentajes de aprobación en las diferentes asignaturas de Química del área básica obtenidos en los períodos del 2004-1 al 2007-1.



2. Con el fin de establecer objetivamente la necesidad del proyecto de asesorías, se realizó una encuesta a los alumnos de área básica mediante un cuestionario de diez preguntas sobre atención del profesor a las necesidades de asesoría para abatir el índice de reprobación. Así mismo se consensó la aceptación de un programa de asesorías extra clase, con preguntas sobre su disponibilidad para aprovechar dicho proyecto y alternativas de organización.

En esta encuesta, para evaluar la intervención del maestro para abatir el índice de reprobación, el 85% de los estudiantes encuestados señala la falta de retroalimentación de la clase, el 86.8% señala que los maestros manifiestan no tener suficiente tiempo para ofrecer asesorías extractase y 80% señala que las clases no son suficientemente claras. En lo que se refiere a preguntas sobre el cumplimiento del programa y la puntualidad y asistencia del maestro y aspectos de evaluación, el 91% de los alumnos encuestados, evaluaron muy bien al profesorado.

3. Con los resultados obtenidos anteriormente, se decidió iniciar las asesorías académicas con los alumnos que se encontraban en riesgo, o sea aquellos que cursaran las materias de Química del área básica por segunda o tercera vez. Para identificar a la población en riesgo se solicitó a la Dirección de Servicios Escolares de la Universidad de Sonora las listas de los alumnos que cursaban por segunda y tercera vez alguna de las materias ya mencionadas, junto con sus horarios de clase [10].

4. Con base en los horarios de los alumnos en riesgo se programaron asesorías en los espacios de tiempo disponibles para dichos alumnos. Los maestros de tiempo completo, adecuaron su tiempo al horario disponible de los alumnos; para impartir la asesoría. Cabe destacar, que la participación del maestro fue voluntaria y además colaboraron dos estudiantes por semestre, a los que se les apoyó con beca ayudantía, proporcionada a alumnos que cumplieran con los requisitos establecidos en convocatoria emitida por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud.

5. Los horarios disponibles para el programa de asesorías, fueron publicados en todos los edificios del Departamento, además se entregó un tríptico conteniendo toda la información del programa, para los alumnos que requerían de ésta y una carta personalizada del Jefe de Departamento invitándolos a participar, comentando del beneficio o bondades que ofrecía el programa.

6. Al implementar el programa de asesorías, se llevó un registro de asistencias y temas tratados

con cada alumno o grupo de alumnos asesorados firmado por el (los) alumno(s) y el maestro asesor (Se sugirió que la primera asesoría fuera individual para poder conocer la causa de la irregularidad del alumno ya fuesen problemas personales o de aprendizaje). Las asesorías, grupales e individuales (si fuera necesario), deberían ser semanales y tener una duración hasta de una hora.

7. Las asesorías proporcionaron al estudiante el apoyo requerido en los temas de mayor dificultad en las diferentes asignaturas utilizando:
   - Reafirmación temática
   - Resolución de dudas
   - Resolución de ejercicios
   - Aplicación de casos prácticos
   - Intercambios de experiencias

8. Se reportó, al responsable del programa, todas las asesorías brindadas, en un formato de registro que contenía: nombre del alumno, número de expediente, fecha y número de sesiones, los temas tratados en cada una de éstas y el resultado final obtenido (aprobado o reprobado).

El programa de asesorías fue implementado a partir del semestre 2008-2. Tuvo una población inicial de 197 alumnos en riesgo, de los cuales 58 alumnos (29,4%) respondieron al programa, aprobando los cursos del semestre correspondiente, 44 alumnos (75,8 %). En el semestre 2009-1, se registró un total de 239 alumnos en riesgo, asistiendo únicamente 30 (12.5%) a asesoría de los cuales 22 aprobaron los cursos del semestre (73.3 %). Es importante señalar que en este último semestre se paralizaron las actividades de la Universidad por un período de tiempo debido al estallamiento de huelga; a pesar de esta situación, el programa de asesorías pudo reestablecerse y obtener el porcentaje reportado anteriormente, lo cual indica el buen funcionamiento del programa (tabla 2).

Tabla 2. Total de alumnos en riesgo reprobados en una o más materias del área básica, asistentes a la asesoría y los que se recuperaron en los semestres 2008-2 y 2009-1

Semestre	Número de alumnos en riesgo	Número de alumnos asesorados	Número de alumnos asesorados y aprobados	Porcentaje de aprobados
2008-2	197	58	44	75.8
2009-1	239	30	22	73.3

Finalmente, se analizaron los resultados de las actas de calificaciones en las materias de Química del área básica del semestre 2008-2 y 2009-1 (ver tablas 3,4 y 5). Se



observa que hay materias cuyo porcentaje de aprobación no aumentó luego de haber implementado el programa de asesorías, permaneciendo en torno al 60%, lo que indica que tales materias (Química General, Química Orgánica, Termodinámica Química y Bioquímica) deben recibir un trato intensivo, para poder mejorar el índice de aprobación. Los resultados obtenidos en los ciclos 2008-2 y 2009-1 (tabla 3, 4 y 5), muestran 550 alumnos aprobados (66.34 %) en el 2008-1 y 663 (69.71%) para el 2009-1.

Comparando con los porcentajes de aprobación obtenidos en el primer año de la asesoría: 2008-2 (75.8 %) y 2009-1 (73.3%) representaron una recuperación del 8.00 % de los alumnos en riesgo del ciclo 2008-2, disminuyendo el índice de reprobación en 13.62 % y un 3.31% en el ciclo 2009-1 disminuyendo el índice de reprobación en 7.09 % (tablas 2 y 5).

Tabla 3. Resultados obtenidos en las actas de calificaciones semestrales ciclo 2008-2 en las materias de química del área básica.

Materia	Alumnos inscritos	Alumnos aprobados	Alumnos reprobados	Porcentaje de aprobación
Q. General	44	21	23	47.7
Q. Inorgánica	33	21	12	63.3
Q. Orgánica I	36	17	19	47.2
Q. Orgánica II	134	73	61	54.5
Q. Orgánica III	52	38	14	73.1
Termodinámica	61	35	26	57.3
Equilibrio Q.	43	30	13	60.8
Cinética Q.	63	50	13	79.4
Q. Analítica I	137	105	32	76.6
Q. Analítica II	46	41	5	89.1
Bioquímica I	138	82	56	59.4
Bioquímica II	42	37	5	88.1
Total	829	550	279	66.34

Tabla 4. Resultados obtenidos en las actas de calificaciones semestrales ciclo 2009-1 en las materias de química del área básica.

Materia	Alumnos inscritos	Alumnos aprobados	Alumnos reprobados	Porcentaje de aprobación
Q. General	53	37	16	69.8
Q. Inorgánica	164	117	47	71.3
Q. Orgánica I	161	116	45	72
Q. Orgánica II	59	53	6	89.8
Q. Orgánica III	91	54	37	59.3
Termodinámica	61	29	32	47.5
Equilibrio Q.	89	63	26	70.7
Cinética Q.	46	38	8	82.6
Q. Analítica I	42	33	9	78.5
Q. AnalíticaII	59	42	17	71.1
Bioquímica I	68	33	35	48.5
Bioquímica II	58	48	10	82.7
Total	951	663	288	69.7

Tabla 5. Resultados obtenidos en las actas de calificaciones en las carreras de QBC y QA en las materias de Química del Área Básica en los ciclos 2008-2 y 2009-1

Semestre	Número de alumnos inscritos	Número de alumnos aprobados	Número de alumnos reprobados	Porcentaje de aprobados
2008-2	829	550	279	66.34
2009-1	951	663	288	69.71

Actualmente, semestre 2016-2, se cumplen 8 años de implementación del programa, el cual ha tenido algunos cambios, entre ellos, que la asesoría se ofrece a todos los alumnos, tanto regulares como irregulares o en riesgo y, el más importante, que las asesorías del programa ya no las realizan los maestros de tiempo completo sino que son atendidas al 100% por alumnos destacados de semestres avanzados (asesorías de pares), esto ayuda a la dinámica educativa actual, la cual demanda un sinnúmero de actividades extra-clase del profesorado, que le obliga prácticamente a desatender al estudiante o a reducir la asesoría a una sesión de clase antes de realizar los exámenes parciales [11].

CONCLUSIÓN

La implementación del Programa de Asesorías, logró recuperar un 29.44% de los alumnos que ingresaron al programa en el ciclo 2008-1 y 12.55% en el 2009-1, disminuyendo el índice de reprobación del total de alumnos que si asistieron a asesorías.

Actualmente se destaca la continuidad del programa tras 8 años de sus inicios, con "asesoría de pares" llevada a cabo por alumnos sobresalientes de semestres avanzados, que por un lado favorecen su formación académica al desarrollar habilidades para enseñar y por otro lado, proporcionan confianza a los alumnos asesorados que son los participantes activos y que reciben atención personalizada con la asesoría de los propios estudiantes, fortaleciendo así sus habilidades de estudio y trabajo. Sin embargo, aún no es posible determinar la efectividad total del programa de asesorías, ya que se requieren datos de seguimiento de estudiantes con rezago que no participaron en el programa.

BIBLIOGRAFÍA

[1] R.M.E. Chávez Rocha, C.R. Vargas Cortez. (2007) "El papel de la asesoría académica en los programas de tutorías: caso itt", Tiempo de educar, vol 8(15).

[2] A. López Suárez, A. Albíter Rodríguez, L. Ramírez Revueltas. (2008) "Eficiencia terminal en la educación superior, la necesidad de un nuevo paradigma", Revista de la Educación Superior Vol.37 (2), No. 146, pp. 135-151.

[3] A.L. Zarza García. R. C. Lara Severino, R. D. Iznaga Ravelo, L. Maas Góngora. (2012) Universidad Autónoma del Carmen. Accessed sept 2016. [Online]. http://www.unacar.mx/contenido/difusion/acalan65pdf/contenido.pdf

[4] (2011) Programa de asesorías académicas, Instituto de Estudios Superiores de Chiapas. Accessed sept 2016 [Online]. http://www.iesch.edu.mx/tuxtla/wp-content/uploads/2011/08/Programa-de-Asesorias-Academicas.pdf

[5] (2015) Programa de asesoría académica, Universidad Autónoma Chapingo. Accessed sept 2016 [Online]. http://dima.chapingo.mx/contenido/reglamentos/Programa_de_asesoria_academica.pdf

[6] Izar, J.; Ynzunza, C.; López, H. (2011). Factores que afectan el desempeño académico de los estudiantes de nivel superior en Rioverde, San Luis Potosí, México. CPU-e, Revista de Investigación Educativa, 12. Consultado septiembre 2016 en: http://www.uv.mx/cpue/ num12/opinion/Izar-desempeño academico.html

[7] M.A. Pacheco, B. Burgos. (2007) "Estudio de deserción en la Universidad de Sonora", Colección Documentos de Investigación Educativa. México.

[8] Plan de Desarrollo Institucional 2005-2009. Universidad de Sonora, México.

[9] Programa Institucional de Tutorías (PIT) 2002. Universidad de Sonora, México

[10] H.P. Aguilar, y J.I.P. Aguilar. (1999) Plan para incrementar los índices de acreditación y reducir la deserción en las escuelas de ingeniería. Memorias del Primer Foro de Enseñanza de las Matemáticas. Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

[11]Álvarez, P. y col. (2005). La tutoría entre iguales y la orientación universitaria: una experiencia de formación académica y profesional. Revista Educar [en línea], 36. Recuperado el 30 de julio de 2009 de: http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1399494.

MODELO MULTI-AGENTE PARA EVITAR EL OLVIDO DE BEBÉS DENTRO DE LOS AUTOMÓVILES

Multi-agent model to avoid forgetting babies in automobiles

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Fabiola Salas Diaz[1]
Ana Luisa Millán Castro[2]
Juan Pablo Soto[3]
María Trinidad Serna Encinas[4]
César Enrique Rose Gómez[5]

Recibido: 15 de septiembre de 2016,
Aceptado: 29 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
I.S.I. Fabiola Salas Díaz
Correo: fasadi@hotmail.com

Resumen

La estadística de muertes por hipertermia asociadas a vehículos registra una media de 37 menores por año desde 1998 en los Estados Unidos. Se han establecido diversos motivos por los que sucedieron estos hechos, siendo el más frecuente el olvido no intencional del menor por parte del responsable. Con el fin de prevenir los lapsos de memoria se busca aprovechar los recursos tecnológicos existentes para ofrecer una solución a esta problemática. Este trabajo presenta un modelo Multi-agente enfocado en prevenir el olvido de un bebé en un automóvil utilizando el modelo de organización de la metodología INGENIAS.

Palabras clave: Sistemas multi-agente, hipertermia, INGENIAS.

Abstract

Hyperthermia deaths statistics related to vehicles, records a mean of 37 minors per year since 1998 in the United States. Several motives have been established to explain these facts, on the top of the list is the non-intentional forget of the minor by the responsible. In order to prevent memories laps, we attempt to take advantage of the technological resources to offer a solution to this issue. This work presents a Multi-agent model focused on prevent forgetting a baby inside an automobile, using the Organization model of the INGENIAS metodology.

Keywords: *Multi-agent system, hyperthermia, INGENIAS.*

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Posgrado e investigación / correo: fasadi@hotmail.com 1
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Posgrado e investigación / correo: anamillan@ith.mx 2
Departamento de matemáticas. Universidad de Sonora. / correo: jpsoto@mat.uson.mx 3
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Posgrado e investigación / correo: tserna@ith.mx 4
Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Hermosillo, División de Posgrado e investigación / correo: crose@ith.mx 5



INTRODUCCIÓN

Los golpes de calor son un padecimiento frecuente, aunque no exclusivo, en zonas con registros de altas temperaturas. Esto se debe a la sobreexposición de una persona a un ambiente cálido, hasta el punto en el que su cuerpo no consigue regular el aumento de temperatura. El golpe de calor se conoce médicamente como hipertermia y se describe como un incremento patológico de la temperatura corporal [1].

Las consecuencias de padecer hipertermia están en función del aumento de temperatura corporal y el tiempo que una persona permanezca en este estado. Los síntomas derivados pueden ir desde un leve malestar, mareo o dolor de cabeza, hasta llegar en casos extremos a una disfunción en el sistema nervioso que resulte en la muerte. Existe una asociación entre la temperatura corporal y los síntomas que se presentan, de tal forma que cuando la temperatura corporal oscila entre los 37°C y 40°C, se observan síntomas como debilidad, ansiedad, mareos, sed intensa, dolor de cabeza y desvanecimientos. Una vez alcanzados los 40°C, la hipertermia se vuelve una amenaza para la vida de quien la presenta, pues rebasando esta temperatura, una persona puede convulsionar, presentar delirios, inducirse a un estado de coma o morir. [2].

Otro factor a considerar cuando se trata de este tipo de padecimientos, son las poblaciones de mayor susceptibilidad a sufrirlo. En este caso la vulnerabilidad de los bebés queda establecida por Tsuzuki-Hayakawa K. y Tochihara Y. en [3], quienes han demostrado que los menores de 3 años no tienen la misma capacidad que un adulto de regular la temperatura corporal, característica que los hace más vulnerables a ambientes cálidos.

Asociado a este padecimiento se encuentran numerosos casos de bebés que han perecido al ser abandonados en el vehículo en el que estaban siendo transportados. Los motivos de abandono son diversos siendo el más frecuente el olvido por descuido de quien se ocupa de ellos [4]. Esto ha ocasionado que se estudie el comportamiento térmico que se da en los automóviles expuestos al sol, tomando en cuenta, por ejemplo, si los cristales del auto están abiertos o cerrados.

Considerando el estado de los cristales y tomando en cuenta que existen diferencias entre los incrementos de temperatura de los automóviles con respecto al tiempo, la rapidez con la que aumenta ésta en cualquiera de los casos, es suficiente para considerarse un foco de alarma. Un automóvil al sol puede sufrir un incremento de 10°C sobre la temperatura ambiente en un lapso de 10 minutos, llegando a elevarse hasta 19°C en media hora [4]. Considerar este incremento, aún en climas moderados, representa un riesgo de muerte para un bebé abandonado en un automóvil. En climas extremos como los que se presentan en el estado de Sonora, la situación es grave desde los primeros minutos. La Tabla 1 muestra el comportamiento esperado para un automóvil al sol, considerando la media de temperaturas máximas por mes en la ciudad de Hermosillo (Fuente: Foreca, 2016). Los incrementos de temperatura con respecto al tiempo se calcularon con base a las tendencias registradas en [4].





Tabla 1. Temperatura que puede alcanzar un automóvil al sol en Hermosillo, Sonora.

	Temperatura Media Máxima	Incremento de temperatura/tiempo		
		10′	20′	30′
Mayo	38°C	48°C	54.1	56.8
Junio	42°C	52°C	58.1	60.8
Julio	40°C	50°C	56.1	58.8
Agosto	40°C	50°C	56.1	58.8
Septiembre	38°C	48°C	54.1	56.8

Tal como se observa, en zonas extremadamente cálidas, el margen de acción en caso de un olvido de un menor en un automóvil al sol, es prácticamente nulo. Si bien, en nuestro país no se cuenta con una estadística de muertes por hipertermia relacionada a vehículos, en Estados Unidos el departamento de meteorología y ciencia climática San Jose State University, se ha dado a la tarea de llevar una estadística al respecto. La Figura 1 muestra el registro anual de muertes por hipertermia, en ella podemos observar las muertes sucedidas desde 1998 al día de hoy, mostrándose en la última barra el progreso del año en curso en un color distinto.

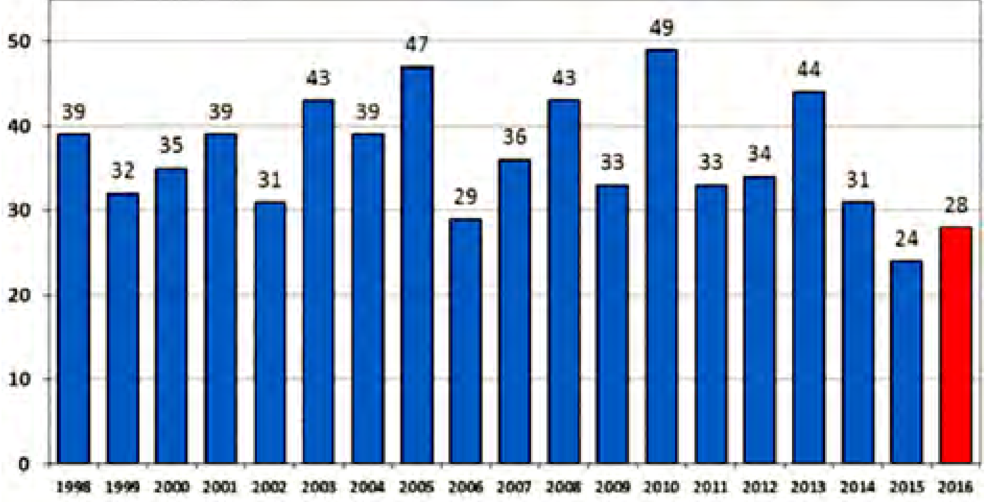


Figura 1. Registro anual de muertes por hipertermia relacionados a vehículos en los Estados Unidos.

A pesar de las recomendaciones de las autoridades y de las campañas de prevención efectuadas por diversas organizaciones en los Estados Unidos, las cifras registradas arrojan un promedio anual de 37 muertes en ese país. En México a pesar de no contar con una estadística al respecto, los medios de comunicación han difundido sucesos de esta índole, incluso en zonas donde las temperaturas no son extremas [5].

TRABAJOS RELACIONADOS

Con la intención de atacar la problemática de las muertes por hipertermia asociadas a vehículos, se han desarrollado distintos enfoques como propuestas de solución. En la Figura 2 se presenta una clasificación de los trabajos más relevantes y el tipo de tecnología asociada para su operación. Para efectos de su análisis se agruparon en cuatro secciones principales, dispositivos con clip, sensor en el asiento del bebé, varios sensores y, por último, los integrados en el vehículo.

		Tipos de sensores							Automóvil					Alerta vía					
	Dispositivo	Peso asiento	Temperatura	Movimiento	Infrarojo	Sonido	Presencia	CO2	A/C ventanas	Motor vehículo	Puerta trasera	Clip / cinturón	GPS	Auto voz	Auto sonido	Auto alarma robo	Smartphone Android	Smartphone iOs	Llavero
Clip	**Small Ones Safety (SOS)											•							•
	Child Minder Smart Clip System	•																	•
	Baby Talk GPS Child Tracker												•				•	•	
Sensor en el asiento de bebé	**Child Presence Sensor RF	•																	•
	**Forget-Me-Not Car Seat System	•																	•
	ChildMinder Smart Pad System	•																	•
	Deluxe Padded Safety Seat Alarm System RF	•																	•
	SafeBABI	•																	•
	Starfish	•															•	•	
Varios sensores	**Multi-Agent System		•	•		•							•				•	•	
	**Halo Baby Seat Safety System	•	•																•
	**UT Dallas project			•	•												•	•	
	Driver's Little Helper		•	•						•							•		
	The First Years' True Fit iAlert car seat		•	•						•							•	•	
Integrado en el vehículo	**CAREseat Car Seat System Vehicle-based warning											•			•	•			
	**The Life Warn System							•		•									
	**Mechatronic system to protect child or warning signal to parents						•			•	•					•	•		
	**Next-Generation Technologies for Preventing Accidental Death of Children	•	•						•							•	•		
	BackSeat Minder									•	•				•				
	Kiddie Voice Child Reminder									•					•				
	Kars4kids safety app									•							•	•	

** Solución no disponible en el mercado

Figura 2. Soluciones para prevenir las muertes por hipertermia asociadas a vehículos.

Para cada solución se muestra el tipo de medio de detección de presencia, ya sean sensores o medios físicos del vehículo como es el caso de los cinturones de seguridad. Finalmente, la tabla indica el tipo de alerta que se utilizará para comunicar la presencia del bebé en el automóvil. Cabe destacar que algunas de las soluciones no se encuentran disponibles en el mercado.

METODOLOGÍA

Para abordar esta problemática se propone un sistema Multi-agente cuyo principal objetivo es prevenir que un bebé permanezca en un automóvil una vez que el conductor del mismo intenta retirarse del vehículo.

Modelo propuesto

El planteamiento de esta solución se llevó a cabo utilizando INGENIAS, una metodología de ingeniería de software para modelado orientada a agentes [6]. Esta metodología se compone de cinco modelos: Agente, Organización, Entorno, Tareas-Objetivos e Interacciones. Cada uno de ellos se enfoca en un área específica del sistema Multi-agente, siendo el diagrama de organización el que presenta la visión general del sistema. Éste define el marco en el que existen los agentes, el cual, en el modelo que se propone, hace referencia al automóvil.

El diagrama de organización que se muestra en la Figura 3, presenta el modelo Multi-agente propuesto. En él se involucran dos agencias: agencia monitor y agencia interfaz.



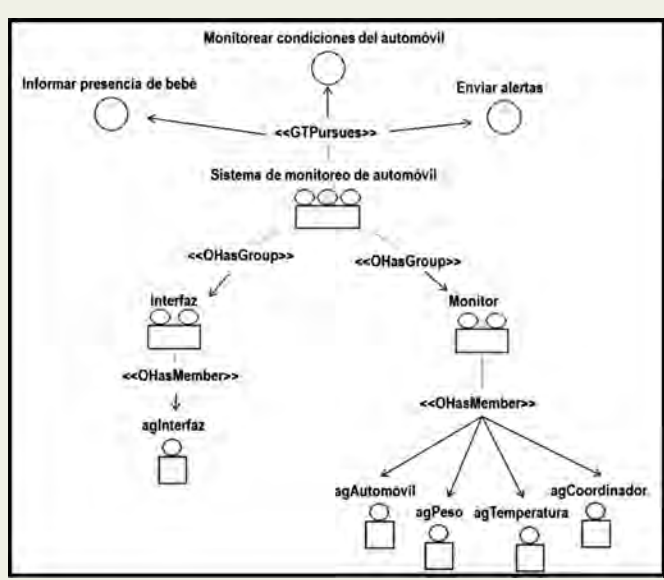


Figura 3. Modelo Multi-Agente de monitoreo de automóvil.

La agencia monitor tiene como propósito detectar cuando se transporta un bebé en el automóvil y definir si se presentan condiciones de riesgo para establecer los niveles de urgencia que se envían a la agencia de Interfaz. Los agentes que lo componen son:

- El agente agTemperatura que es responsable de detectar cambios en la temperatura ambiental del automóvil. Otra de sus funciones es alertar al agCoordinador cuando se registra una temperatura de riesgo.
- El agente agPeso que tiene la tarea de informar al agCoordinador cuando detecta peso en el asiento de bebé.
- El agente agAutomóvil es el encargado de reconocer el estado del automóvil, así como de activar o detener las alarmas y de activar o desactivar el cierre de puertas del automóvil. Controla cuatro aspectos del vehículo, los seguros de las puertas, el estado del motor, la alarma interna y la alarma externa. El agente agAutomóvil recibe mensajes del agCoordinador cuando éste toma la decisión de activar/desactivar seguros y/o alarmas y ejecuta esas tareas. La interacción se da en ambos sentidos entre estos dos agentes, ya que además de ejectuar las instrucciones recibidas, el agAutomóvil informará al agCoordinador cuando los seguros están desactivados, el motor está apagado o se ha vuelto a encender y cuando ha activado alguna alarma.

La agencia interfaz se compone de un solo agente, el agInterfaz, cuya tarea es el envío de alertas al smartphone del usuario y a protección civil. Esta agencia recibe el mensaje por parte de la agencia monitor del tipo de

comunicación que debe establecer con el exterior y lo ejecuta.

El sistema de monitoreo de automóvil persigue los siguientes objetivos:

- Informar la presencia de un bebé en un automóvil cuando el conductor intenta retirarse del vehículo.
- Monitorear las condiciones del automóvil como la temperatura, si el motor está encendido o apagado, si la puerta del conductor está abierta o cerrada o si se ha activado o desactivado la alarma interna.
- Enviar alertas al conductor con la alarma interna al apagar el motor y abrir la puerta del automóvil cuando hay presencia de un bebé. Al smartphone del responsable del bebé si se hizo caso omiso de la alarma interna y se dejó al bebé en el vehículo. Finalmente, a través de la alarma de robo del automóvil a las personas cercanas al vehículo, al smartphone responsable del bebé y a protección civil, al detectar temperaturas de riesgo dentro del automóvil.

SIMULACIÓN

La arquitectura propuesta se validó a través de una simulación utilizando la plataforma de agentes JADE versión 4.4.0. Se simularon tres casos posibles:

1. Cuando el bebé se retira inmediatamente después de que el conductor baje del automóvil, este es el caso óptimo y se presenta en la Figura 4.

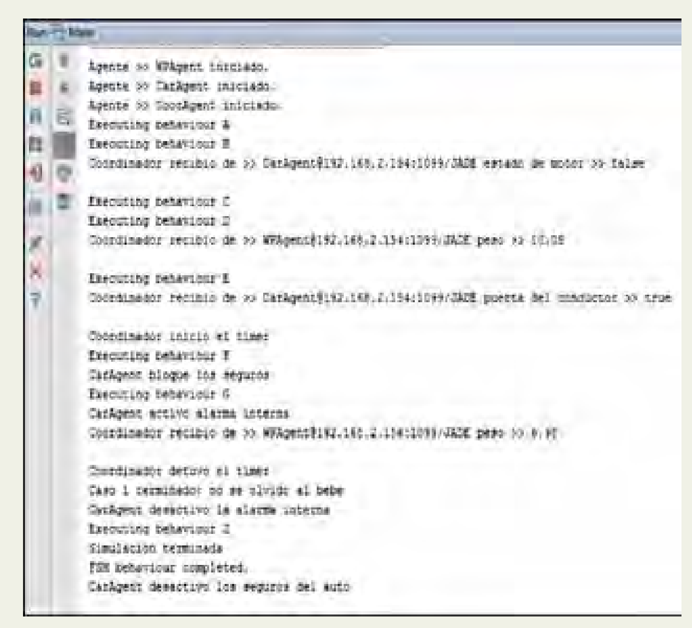


Figura 4. Caso Óptimo, no se olvida al bebé.

2. Cuando el bebé se olvida en el automóvil, a pesar de haber saltado la alarma interna del vehículo. Se avisa entonces al smartphone del responsable y éste acude a retirar al bebé antes de que la temperatura alcance un nivel de riesgo. El resultado de esta ejecución se muestra en la figura 5 y se identifica como caso 2, alerta nivel 1.



Figura 5. Caso 2, alerta nivel 1.

Figura 6. Caso 3, alerta nivel 2.

3. Cuando el bebé se olvida en el automóvil y el responsable hace caso omiso de la alerta al Smartphone o no acude al automóvil antes de que la temperatura alcance un nivel de riesgo. Se envía entonces una alerta a protección civil y se activa la alarma de robo del automóvil. La ejecución se muestra en la Figura 6 y se le define como Caso 3, alerta nivel 2.

En los tres casos el proceso termina cuando se retira al bebé del automóvil, es en este momento cuando los seguros del automóvil se desbloquean y permite cerrarlo.

CONCLUSIÓN

Las muertes por hipertermia asociadas a vehículos, impactan socialmente pues afectan a un sector de



la población que no solo es incapaz de valerse por sí mismo, sino también uno de los más vulnerables a estas situaciones. En este sentido la evaluación de soluciones que se ha hecho y que se presenta condensada en este trabajo, no ofrece una solución realmente preventiva a este problema. Esto quiere decir que para cada propuesta que se evaluó, la solución ofrecida es dar aviso una vez que el responsable del bebé se ha retirado del vehículo.

La arquitectura basada en agentes que se propone, ofrece una solución que permite detectar la presencia del bebé y avisar al conductor al momento de apagar el motor del automóvil y abrir la puerta del conductor. Resuelve también situaciones de abandono intencional al alertar al responsable del menor y en último caso a las autoridades, cuando el bebé permanece en el vehículo sin supervisión y en condiciones ambientales extremas.

Las distintas ejecuciones durante la simulación, arrojan el comportamiento esperado para la arquitectura propuesta. Por lo tanto, los resultados obtenidos, validan el funcionamiento de la solución para las posibles situaciones que pudieran presentarse.

BIBLIOGRAFÍA

[1] RAE, "Hipertermia," Real Academia de la Lengua Española. [Online]. Available: http://dle.rae.es/?id=KRjACzL. [Accessed: 03-Mar-2016].

[2] C. McLaren, "Heat Stress From Enclosed Vehicles: Moderate Ambient Temperatures Cause Significant Temperature Rise in Enclosed Vehicles," Pediatrics, vol. 116, no. 1, pp. e109–e112, 2005.

[3] K. Tsuzuki-Hayakawa, Y. Tochihara, and T. Ohnaka, "Thermoregulation during heat exposure of young children compared to their mothers," Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol., vol. 72, no. 1, pp. 12–17.

[4] J. Null, "Heatstroke Deaths of Children in Vehicles.," Department of Meteorology & Climate Science, San Jose State University, 2015. [Online]. Available: http://noheatstroke.org/. [Accessed: 29-Sep-2015].

[5] Universal, "Olvidan a niña dentro de un auto, muere por calor," Vanguardia, 2013. [Online]. Available: http://www.vanguardia.com.mx/olvidananinadentrodeunautomuerepo rcalor-1771239.html. [Accessed: 07-Oct-2015].

[6] INGENIAS, "No Title." [Online]. Available: http://ingenias.sourceforge.net/. [Accessed: 18-Apr-2016].

LA UTILIDAD DEL ANÁLISIS DEL RELIEVE EN BENEFICIO DE LA SOCIEDAD

The usefulness of the relief analysis for the benefit of society

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Grisel Alejandra Gutiérrez Anguamea[1]
Alba Lucina Martínez Haros[2]
José Ismael Minjárez Sosa[3]

Recibido: 16 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
M. C. Grisel Alejandra Gutiérrez Anguamea
Correo: grisel@geología.uson.mx

Resumen

La búsqueda del desarrollo económico y tecnológico de toda organización humana involucra un cambio geográfico local, que se deriva en la implementación de actividades sistemáticas y metodológicas que contribuyan al crecimiento de la sociedad.

El crecimiento de las ciudades y la poca o nula planeación, así como la percepción del ambiente al que pertenecemos, conlleva a una modificación desmedida del entorno y produce el aumento de la vulnerabilidad de la población ante la ocurrencia de desastres de origen natural y antrópico, como los procesos de remoción en masa, inundaciones y escases de agua, entre otros.

En la actualidad, las reglamentaciones gubernamentales para la construcción sugieren la realización de estudios de caracterización de sitio que permiten identificar las condiciones litológicas, estructurales y ambientales [1]; sin embargo, son pocos los reportes que involucran el análisis del relieve como parte del funcionamiento integral del ecosistema inmediato, resultado de la dinámica interna y externa terrestre.

Palabras clave: Vulnerabilidad, ecosistema, relieve.

Abstract

The economic pursuit and technological development of every human organization involves local geographical change, which is derived in implementing systematic activities and methodologies that contribute to the growth of society.

The growth of cities and the lack of planning and perception of the environment to which we belong, involves an excessive modification of the environment and produces the increased vulnerability of the population to the occurrence of disasters of natural and anthropogenic sources like processes landslides, floods and water shortages, among others.

Currently, government regulations for construction studies suggest characterization of site that identify lithological, structural and environmental conditions [1]; however, few reports involving the analysis of the relief as part of the overall functioning of the ecosystem immediate result of the Earth´s internal and external dynamics.

Keywords: *Vulnerability, ecosystem, relief.*

Universidad de Sonora / correo: grisel@geología.uson.mx 1
Universidad de Sonora / correo: alba.mtz.h@gmail.uson.mx 2
Universidad de Sonora. / correo: iminjare@geología.uson.mx 3



INTRODUCCIÓN

El análisis del relieve consiste en el ordenamiento sistemático y jerárquico de la configuración del terreno, procesos geomorfológicos y fenómenos naturales interrelacionados, producto de los procesos endógenos (estructurales) y exógenos (ambientales) que actúan sobre la superficie terrestre [2].

Los resultados de las investigaciones geomorfológicas son empleados en la evaluación de riesgos y estudios de recursos naturales, debido a la relación entre las propiedades geomórficas del terreno y sus factores ambientales.

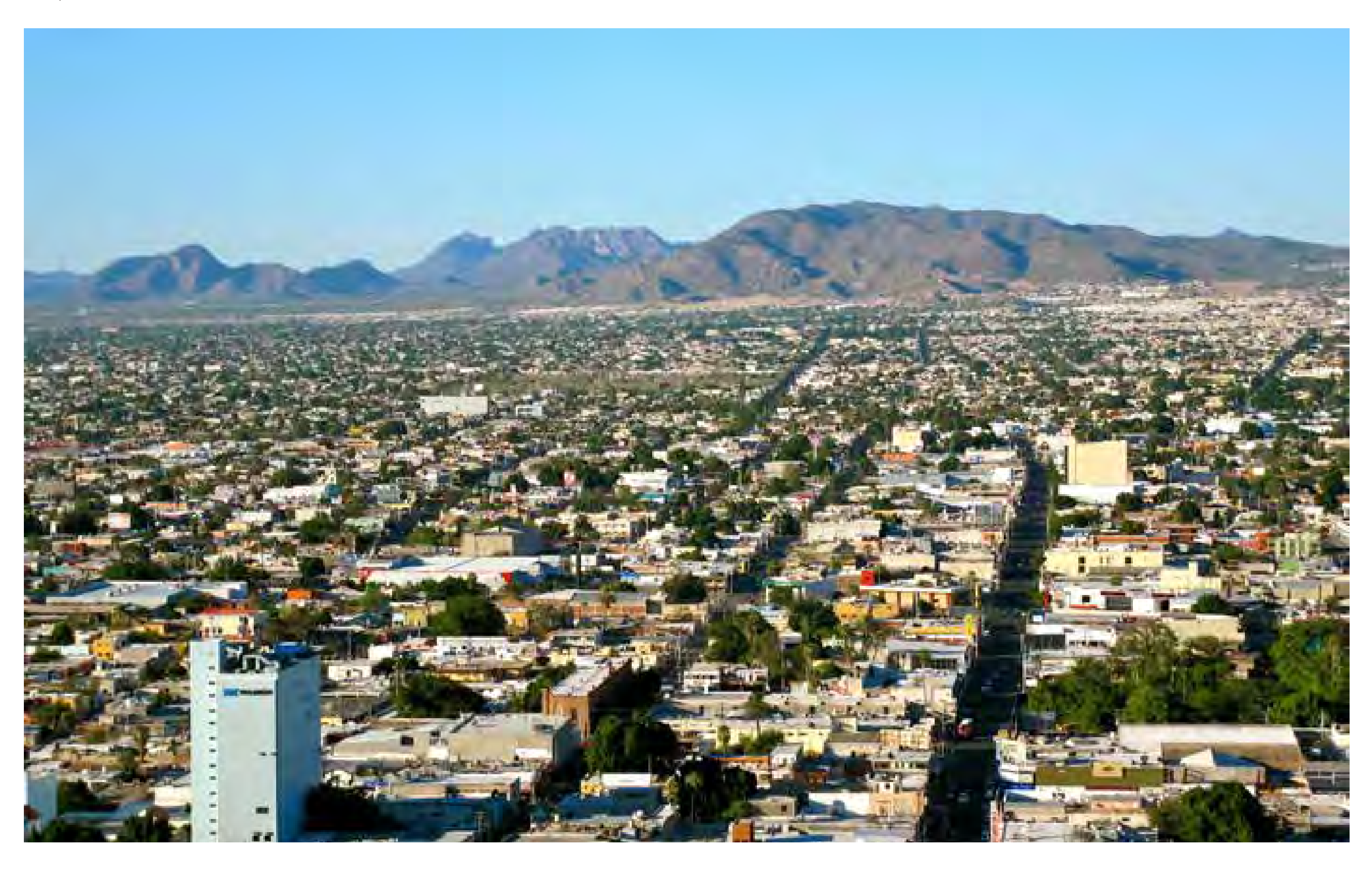
Se ha considerado a la geomorfología aplicada como el resultado del análisis geomórfico que lleva hacia el establecimiento de las relaciones ecológicas del paisaje, entre las características de las formas del relieve y los factores ambientales del modelado, como una herramienta en la solución de diversos problemas relacionados con el terreno y de interés práctico para el hombre.

Este tipo de análisis se lleva a cabo obteniendo información que se aplica en un esquema multidisciplinario [3] y su aporte corresponde a la relación entre la expresión del terreno y los agentes, como el clima, el tipo de relieve, la litología, los suelos, la hidrología y la influencia de los organismos vivos, incluyendo el impacto del hombre sobre el paisaje.

DESARROLLO

Anteriormente, el análisis del relieve era considerado como un apartado complementario en los estudios vinculados a la geografía física; dejando de lado la contribución de la descripción del paisaje en el entendimiento del ecosistema como una unidad funcional y dinámica del sistema ambiental [4; 5; 6], producto de la relación entre los componentes bióticos (la vegetación, la fauna, los suelos y los antropismos) y abióticos (el agua, el relieve y el clima).

La dinámica del paisaje está en función de las relaciones internas y externas de dichos componentes, los factores litológicos y morfológicos intervienen en el funcionamiento del componente al que pertenecen [7; 5]; de tal forma que un sistema de paisajes con sus elementos del relieve comparten un mismo marco climático y morfoestructural, así como una respuesta específica a los procesos de disturbio o regeneración del ambiente [8; 9; 5].





Cuando el nivel de estabilidad de uno de estos componentes es alterado, por ejemplo, el pastoreo extensivo en un rancho, ocasiona modificaciones inducidas antrópicamente en el sitio, provocando una transformación del ecosistema inmediato, esto es al aumentar el número de cabezas de ganado y no considerar el tiempo de recuperación de la vegetación para su alimentación, así como el aumento en la presión superficial en los primeros centímetros del suelo por las pisadas del ganado, desencadenando a una sucesión de eventos que perturban la dinámica de la región.

La consecuente disminución de la cubierta vegetal puede derivar en una pérdida de suelo, debido a que el sustrato se encuentra desprotegido y al estar expuesto a los agentes climáticos (agua, aire, temperatura), aumenta el riesgo de sufrir una erosión potencial del suelo y por ende se incrementan las escorrentías [10]. Por su parte, las escorrentías naturales también se ven afectadas en sus cursos naturales por dicha pérdida de suelo, provocando un cambio en la pendiente general del terreno, ocasionando una variación en la red hidrográfica y a su vez repercute en la eficiencia de la biota endémica. Es decir, un sitio que se mantenía en moderado equilibrio ecológico fue alterado en su funcionamiento por el sobrepastoreo.

En el caso de las restauraciones ecológicas inducidas, es importante destacar el factor tiempo para el área que se pretende restaurar; no basta con realizar grandes actividades de restauración como lo son: obras de acondicionamiento hidrográfico, plantar una gran variedad de especies vegetales e introducir una diversidad animal para que el sistema ecológico local se reactive [11]. El ritmo acelerado de estas acciones le impide a la naturaleza encausarse y reestablecer su equilibrio, por ello la observación del paisaje enfocado en la reestructuración del sitio conlleva una toma de decisiones de forma más consciente.

Cotidianamente, las labores de la sociedad están principalmente enfocadas en el desarrollo económico regional, sin percatarse del impacto que estas producirán a pequeño, mediano y largo plazo en el funcionamiento de su entorno. En cambio, si se analizan las condiciones actuales del relieve como por ejemplo el sistema orográfico en constante movimiento por la acción de los agentes modeladores sobre la superficie terrestre, existe la posibilidad de que los datos obtenidos a través de la observación del medio sean empleados como apoyo en el diagnóstico y mitigación de los problemas que afectan a la sociedad, como los procesos de remoción en masa [12], inundaciones, abatimiento en los niveles freáticos, contaminación y degradación ambiental, incitando al uso racional del ambiente natural o modificado [13], para no alcanzar situaciones de límite que ponen en peligro a las comunidades.

Como se observa en la Figura 1, se presenta la cartografía de las áreas de inundación en la H. de Guaymas, Sonora, por la activación de escorrentías intermitentes que incrementan su descarga en períodos de lluvia y afectan a la población ubicada sobre la planicie de inundación.

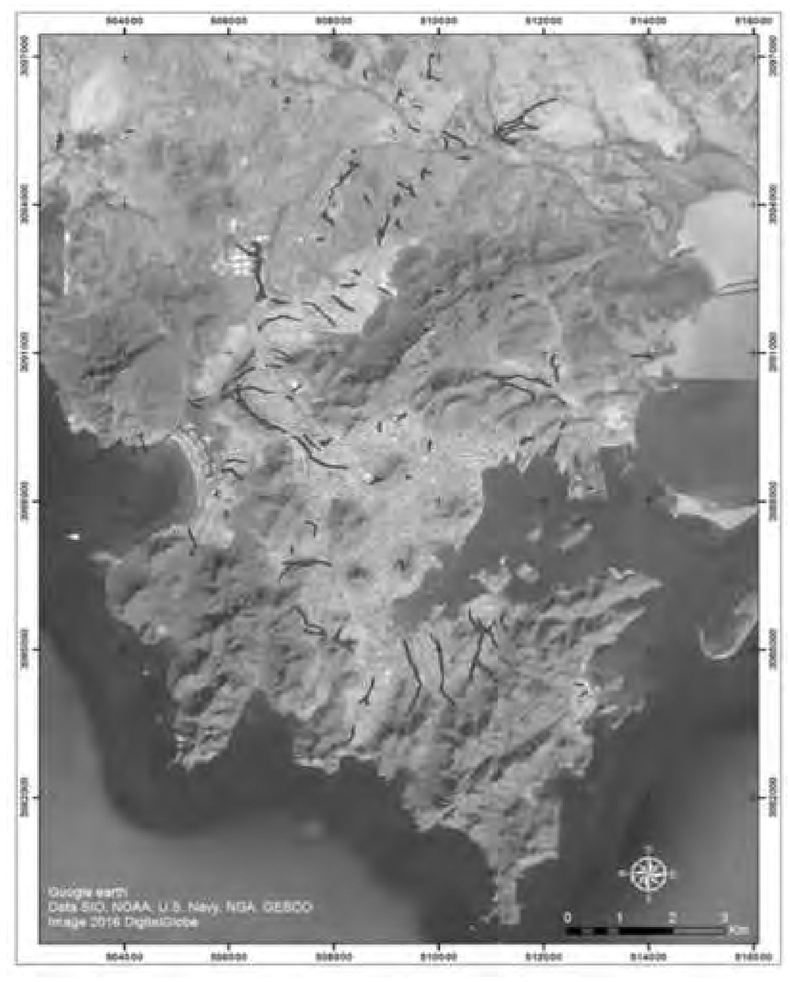


Figura 1. Zonas de inundación en H. Guaymas, Sonora.

El estudio del paisaje proporciona información del arreglo topográfico en función de su aspecto, origen y evolución; involucra conocimiento de los procesos formadores del relieve que ocurren dentro de la corteza terrestre, de los modeladores destructivos y acumulativos del ciclo sedimentario, de la acción de los organismos vivos y de los meteoros que impactan la superficie de la Tierra, que en conjunto moldean el territorio y dan como resultado las geoformas características del lugar.

Una descripción del relieve expone las características naturales y antrópicas del medio, como la cobertura vegetal, las condiciones del suelo, los niveles de erosión, el aumento de áreas de cultivo y urbanizadas, y la concentración de elementos contaminantes. De este modo, permite apreciar las modificaciones ambientales del entorno y es útil en la renovación de cartografías de riesgos, delimitando áreas problemáticas que de manera directa han sido alteradas por el desarrollo de la sociedad.

En la Figura 2 se muestra la cara Sur del Cerro Piedra Bola en la Colonia Pedregal de la Villa, Hermosillo, Sonora. En este lugar se han presentado fenómenos de caída de roca, dichos eventos son detonados por las lluvias y debido a la inclinación de la ladera (20 a 30°), su inestabilidad incrementa el riesgo de las casas que se ubican en la parte inferior.





Figura 2. Caída de roca en la Colonia Pedregal de la Villa, Hermosillo, Sonora.

El análisis del relieve permite la exploración de nuevas fuentes de agua subterránea a través de la identificación de zonas favorables para contener el recurso, definidas por la porosidad, permeabilidad y capacidad de almacenamiento del medio para contener agua, producto de su composición litológica, posición topográfica y estructural [14]. La absorción y transmisión de aguas subterráneas no solo depende de las propiedades del subsuelo, también involucra los rasgos geomorfológicos de la superficie; por ejemplo, un relieve granítico de ladera cóncava ubicado en la parte media-alta de una cuenca, no presenta la misma capacidad de retención ni de transmisión del recurso hídrico que un lomerío conglomerático de baja compacidad localizado en la región baja de la misma cuenca. Las condiciones climáticas, topográficas, litológicas y estructurales de ambos son distintas y, por ende, su respuesta ante la relación infiltración-escurrimiento también lo será.

Un ejemplo de lo anterior es la Figura 3, donde se clasifica el terreno por su permeabilidad primaria (litología), secundaria (estructura) y geoforma de la región norte de Hermosillo [14].



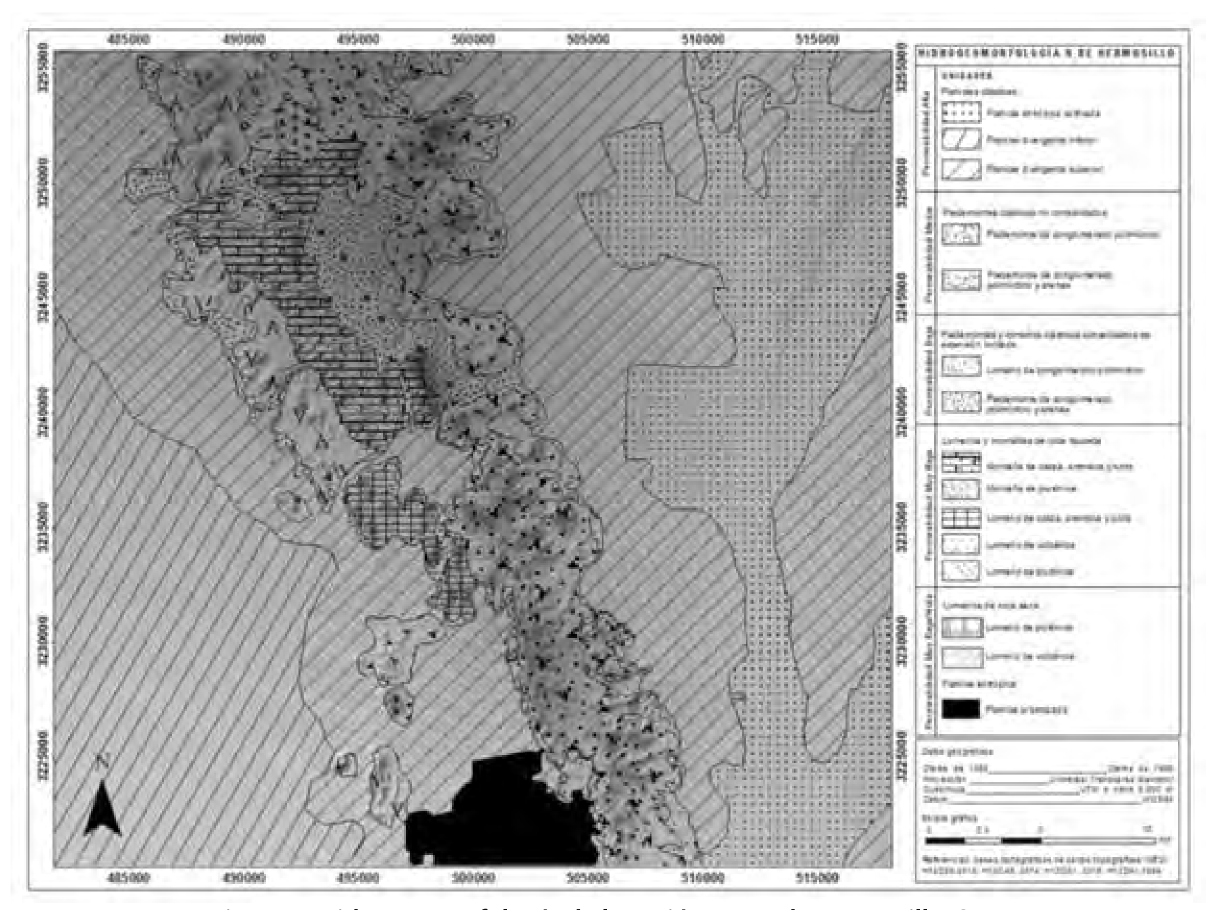
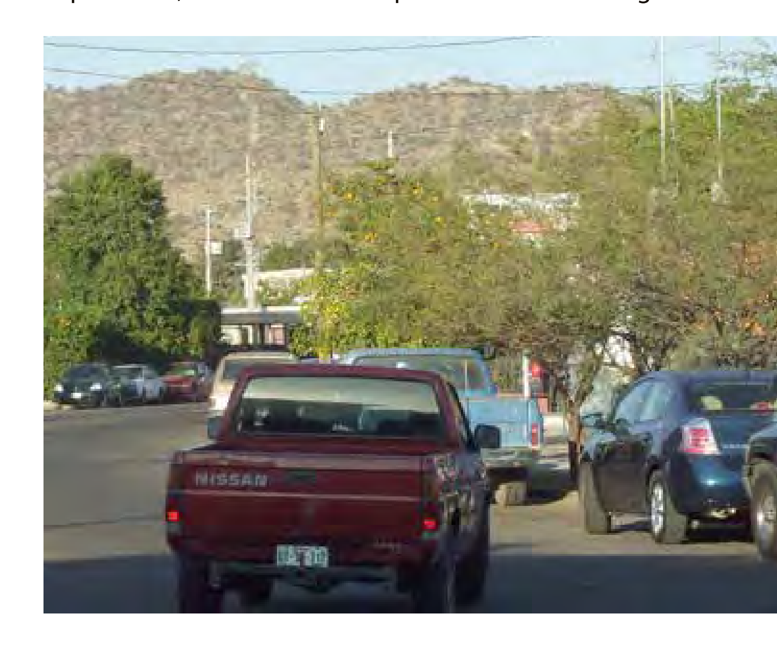


Figura 3. Hidrogeomorfología de la región norte de Hermosillo, Sonora.

El conocimiento adquirido sobre las condiciones del paisaje puede funcionar como una herramienta de apoyo para las dependencias gubernamentales en la toma de decisiones, para evitar la concentración de puntos de extracción de agua subterránea en áreas que presentan un descenso de los niveles piezométricos, posibles problemas de subsidencia, aumento en los costos de explotación, deterioro en la calidad del agua e incluso en el abandono de pozos.

Al controlar las zonas de explotación, se evita que las concesiones se concentren espacialmente en regiones críticas, es decir, se podría relocalizar el punto de extracción hacia zonas acuíferas más favorables, principalmente atendiendo la dirección del flujo subterráneo. De esta manera se podría evitar que en una parte del acuífero sea sobreexplotado y las recomendaciones de relocalización de obras serán más conscientes, permitiendo una reubicación de pozos más viable y un mejor control sobre los volúmenes otorgados.

La observación del terreno permite a la población tener más conocimiento sobre las condiciones en las que se encuentra el estado de salud, su calidad de vida y su patrimonio. Un análisis general del ambiente proporciona información sobre las condiciones que le rodea, de los gases que expiden las zonas industrializadas, de la infiltración de residuos de fertilizantes en tierras de cultivo (planicies cultivadas), del abatimiento del recurso hídrico subterráneo por la intensa concentración de pozos (en sitios posiblemente no óptimos) y su desmedida explotación, de las áreas potencialmente riesgosas



debido a la inestabilidad del terreno y aquellas fácilmente inundables a causa del crecimiento de la urbanización que no toma en consideración el curso hidrográfico natural.

CONCLUSIÓN

Es importante reconocer las características particulares del terreno debido a que la geomorfología determina las propiedades geológicas, topográficas, estructurales, hidrografías, entre otras del sitio que sientan la base para investigaciones especializadas, en particular para el desarrollo de obras civiles (determinación de áreas idóneas para la construcción de obras hidráulicas como presas, represas, canales y obras de desvío).

El análisis del relieve también puede ser utilizado como apoyo en la elaboración de programas para la protección ambiental, planeación urbana, actividades de reforestación y conservación del suelo, en la delimitación de zonas de riesgo por fenómenos geológicos e hidrometeorológico, como inestabilidad de ladera e inundaciones, y en la caracterización hidrogeológica de un área que presenta situaciones desfavorables en el abastecimiento de agua.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Centro Nacional de Prevención de Desastres, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Secretaría de Gobernación, México, D.F., 2006.

[2] M. Panizza, Environmental Geomorphology, Developments in Earth Surface Process 4, The Netherlands, Ed. Elsevier, pp. 1-8, 1996.

[3] Th. Verstappen y R. Van Zuidam, The ITC System of Geomorphological Mapping, ITC, Pubication, 10 Enschede, The Netherlands, 1991.

[4] J. Drdos, On the carring capacity of environment. Geografía y Desarrollo, núm. 3/7, pp.19-24, 1992.

[5] A. García-Romero, An evaluation of forest deterioration in the disturbed mountains of western Mexico City. Mountain Research and Development, núm. 22/3, pp. 270-277, 2002.

[6] A. García-Romero y J. Muñoz, El paisaje en el ámbito de la Geografía. México: Instituto de Geografía, UNAM, 2002.

[7 J. Muñoz, Paisaje y Geosistema. Una aproximación desde la Geografía Física. En Martínez de Pisón, E. (ed.). Paisaje y medio ambiente. Soria: Fundación Duques de Soria/Universidad de Valladolid, pp. 45-56, 1998.

[8] R. Forman y M. Godron, Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986.

[9] T. Gragson, Potential versusactual vegetation: human behavior in a landscape médium. En W. Balée (ed.). Advances in historical ecology, New York: Columbia University, p. 213-231, 1998.

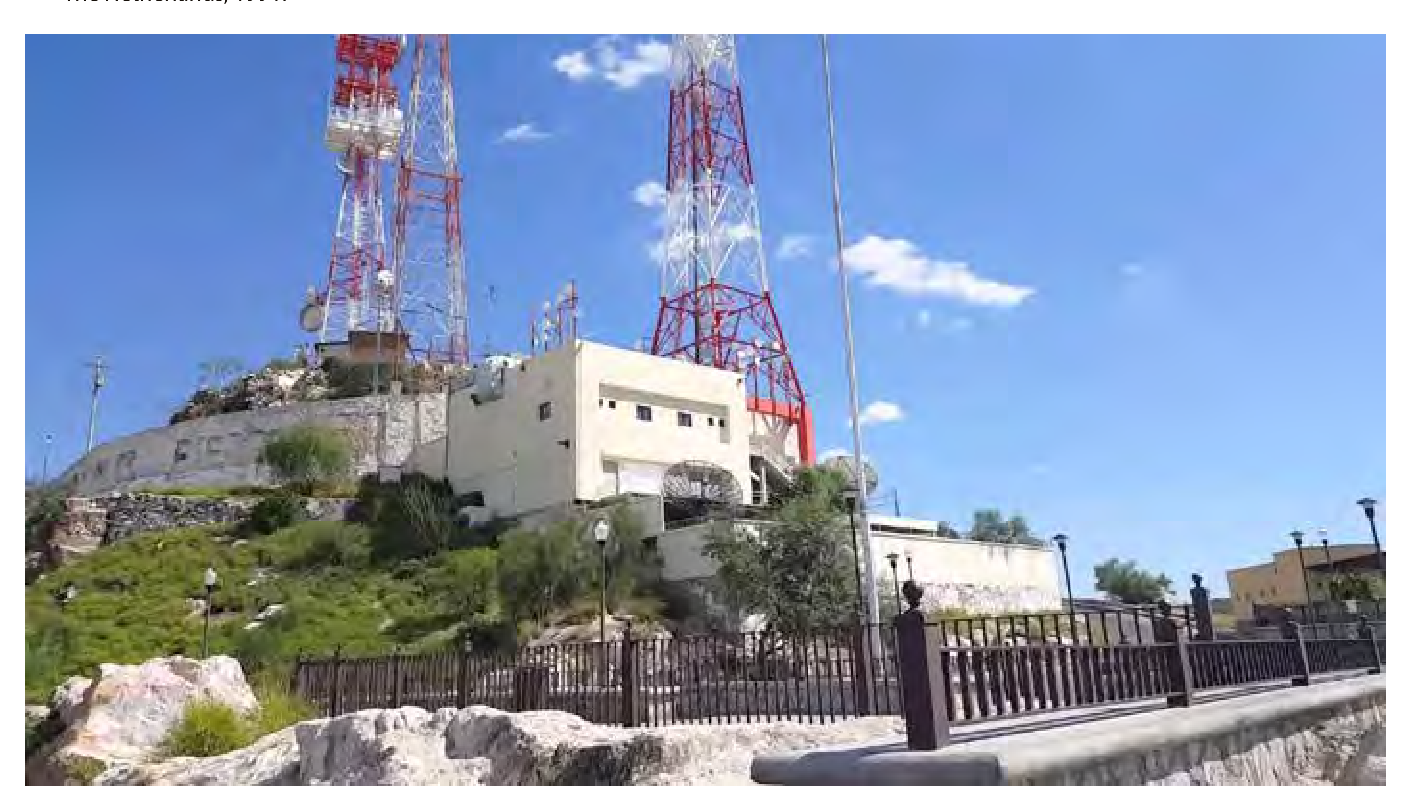
[10]J. Ries, M. Seeger y I. Marzolff, Influencia del pastoreo en al cubierta vegetal y la morfodinámica del transecto depresión del Ebro-Pirineos, Departamento de Geografía y Ordenación del territorio, Universidad Zaragoza, núm. 45, pp. 5-19, 2004.

[11]F. Valladares, L. Balaguer, I. Mola, A. Escudero y V. Alfaya, Restauración ecológica de áreas afectadas por infraestructuras de transporte. Bases científicas para soluciones técnicas. Madrid, España. ©Fundación Biodiversidad 2011.

[12]A. Martínez, Evaluación de Peligro de Remoción en Masa: Caso Piedra Bola, Hermosillo, Sonora, Tesis de Maestría, Programa Maestría en Ciencias-Geología, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, México, 2014.

[13]M. Martínez, Geomorfología ambiental: Universidad Las Palmas de Gran Canaria publ. ISBN 84-89728-16-X, 96 p., 1997.

[14]G. Gutiérrez, Metodología para la elaboración del mapa hidrogeomorfológico de la cuenca del río Asunción, Tesis de Maestría, Programa Maestría en Ciencias-Geología, Departamento de Geología, Universidad de Sonora, México, 2012.



INVERTEBRADOS FÓSILES DEL PALEOZOICO DE SONORA, MÉXICO

Paleozoic invertebrates fossils from Sonora, México

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Francisco Javier Cuen Romero[1]
José Eduardo Valdez Holguín[2]
Alejandra Montijo González[3]
Rogelio Monreal Saavedra[4]

Recibido: 18 de septiembre de 2016,
Aceptado: 21 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. José Eduardo Valdez Holguín
Correo: jvaldez@guayacan.uson.mx

Resumen

A través de los fósiles es posible conocer la vida en el pasado geológico. La vida se originó en el mar hace 3700 Ma, siendo formas muy sencillas atribuibles a algas e invertebrados como las medusas; las primeras formas complejas se originaron a inicios del Paleozoico hace 541 Ma. El Paleozoico se divide en seis periodos: Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico; los cuales se caracterizan por una gran biodiversidad y abundancia de invertebrados. En Sonora se conocen diversas localidades con fósiles marinos del Paleozoico, destacando la presencia de poríferos, celenterados, braquiópodos, briozoarios, moluscos, artrópodos y equinodermos. El Paleozoico termina hace 252 Ma con la mayor extinción conocida en la historia de la biosfera, culminando con el 95% de las especies marinas.

Palabras clave: Fósiles, Invertebrados, Paleozoico, Sonora.

Abstract

Through fossils it is posible to know about the life in the geological past. Life originated in the sea 3700 Ma, being easy forms attributable to algae and invertebrates as jellyfish. First complex forms originated in the Early Paleozoic 541 Ma. Paleozoic is divided into six periods: Cambrian, Ordovician, Silurian, Devonian, Carboniferous and Permian; which are characterized by high biodiversity and abundance of invertebrates. Various Paleozoic localities in Sonora with marine fossils are known, highlighting the presence of poriferans, coelenterates, brachiopods, bryozoans, molluscs, arthropods and echinoderms. The Paleozoic ends 252 Ma with the largest extinction known in the history of the biosphere, culminating with 95% of marine species.

Keywords: *Fossils, Invertebrates, Paleozoic, Sonora.*

1 Universidad de Sonora / correo: francisco.cuen@ciencias.uson.mx
2 Universidad de Sonora / correo: jvaldez@guayacan.uson.mx
3 Universidad de Sonora. / correo: amontijo@geología.uson.mx
4 Universidad de Sonora. / correo: monreal@ciencias.uson.mx

INTRODUCCIÓN

Se calcula que el planeta Tierra se formó hace 4600 millones de años (Ma), y los vestigios de vida más antiguos que se conocen datan de unos 3700 Ma [1], los cuales han quedado plasmados en las diferentes rocas que cubren la superficie terrestre. A través del estudio de los fósiles, los geólogos y paleontólogos han sido capaces de trazar y describir el curso de la evolución de la vida en la Tierra; la Paleontología es la ciencia que se encarga del estudio de los fósiles y utiliza principios y métodos de la Geología y la Biología.

Los fósiles son los restos de organismos que vivieron en el pasado geológico, con una antigüedad mayor a 10000 años y constituyen evidencia directa de la distribución de la tierra firme y mares del pasado [2]; al morir un organismo se descomponen sus partes blandas, mientras que las partes duras (conchas, caparazones, huesos, madera, entre otros) se cubren con sedimentos, iniciándose un reemplazamiento de minerales como sílice y calcita.

Existen varios procesos de fosilización, como la conservación de insectos en ámbar y el reemplazamiento con minerales que actúan como agentes fosilizantes; también existen evidencias indirectas como son moldes, impresiones, huellas y galerías; por ejemplo las pisadas de dinosaurios, tubos de vermes e impresiones de hojas de plantas.

Los fósiles se encuentran en rocas sedimentarias, las cuales son el resultado de la erosión de rocas previamente existentes que se meteorizan y por acción del agua, aire o hielo son transportadas, finalmente por gravedad se depositan en capas horizontales llamadas estratos, cada capa se deposita arriba de los estratos más antiguos y se sepulta con estratos más jóvenes, a este principio se le conoce como ley de superposición. Los geólogos utilizan los fósiles para conocer la edad de las rocas por las relaciones que los estratos guardan entre si.

La evidencia fósil de los primeros animales data unos 650 Ma y es conocida como biota Ediacara [3]. Hace 541 Ma inició la Era Paleozoica con un evento sin precedente en la historia del planeta, conocido como Explosión de Vida Cámbrica, el cual hace referencia a la aparición repentina de la mayoría de los grupos de organismos que se conocen hoy en día [4]; A través de los seis periodos que conforman el Paleozoico (Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico) estos organismos fueron evolucionando, formando verdaderos ecosistemas que han quedado conservados como fósiles preservando características excepcionales. El final de la Era Paleozoica, hace 252 Ma, se presentó la extinción más grande conocida en la historia de la biosfera, desapareciendo el 95% de las especies marinas y el 70% de los vertebrados terrestres.

El objetivo del presente trabajo es mostrar la riqueza biótica de Sonora durante el Paleozoico. Lo anterior conlleva una exposición de los fósiles más representativos de los distintos periodos que lo conforman, los cuales se han recolectado en el estado.

PALEOZOICO

Cámbrico

Hace aproximadamente 541 Ma comenzó el Cámbrico, primer periodo de la Era Paleozoica, con una duración de 56 Ma representa la primera aparición de invertebrados marinos similares a los que se conocen hoy en día, entre los cuales dominaron los trilobites. Durante el Cámbrico la distribución de los mares y masas terrestres eran muy diferentes a la actual, Laurentia, un antiguo continente que hoy en día comprende los territorios de Estados Unidos de América, Alaska, Canadá y norte de México se encontraba ubicado sobre el ecuador, mientras que al sur existía un gran supercontinente denominado Gondwana, el cual comprende los actuales territorios de Sudamérica, África, India, Antártida y Australia; separados por un océano mundial llamado Iapetus.

El término Cámbrico fue utilizado por primera vez por Adam Sedgwick en 1835 en el Reino Unido, lugar donde fueron estudiadas estas rocas por primera vez [5]. El Cámbrico se caracteriza por la primera aparición de organismos complejos con esqueletos mineralizados, originados durante la Explosión de Vida Cámbrica, lo cual les permitió que se conservaran como fósiles, al poseer partes duras que resisten los diferentes fenómenos geológicos para convertirse en roca. En un clima considerado cálido con tendencia al efecto invernadero, estos organismos prosperaron de manera exitosa, originándose en ese tiempo formas tan familiares como las esponjas, braquiópodos, caracoles, artrópodos y equinodermos.

Las esponjas, consideradas como organismos muy sencillos debido a que no constituyen tejidos verdaderos, fueron habitantes de los mares someros de este periodo, a diferencia de las esponjas actuales para las que se calculan unas 5150 especies y que habitan aguas un poco más profundas. En Sonora se conocen fósiles de esponjas de esta edad en Cerros La Proveedora, Cerros Las Mesteñas, Sierra de López, Sierra Agua Verde, San José de Gracia y Arivechi.

Los arqueociátidos, fueron un grupo de organismos marinos filtradores de naturaleza calcárea, parecidos a las esponjas, los cuales aparecieron durante el Cámbrico temprano, sin embargo, no se adaptaron a las condiciones cambiantes del clima y se extinguieron a mediados de este periodo. En Sonora se han recolectado estos organismos únicamente en el área de Caborca, destacando géneros como *Ethmophyllum* y *Ajacicyathus*.

Los braquiópodos, organismos compuestos

por dos valvas desiguales y una estructura interna denominada lofóforo, que sirve para la alimentación, también aparecieron por primera vez durante este periodo,dominando los ambientes bentónicos de los mares del Cámbrico. En Sonora se conocen braquiópodos del Cámbrico en el área de Caborca y Sierra Los Ajos (*Lingulella*), San José de Gracia (*Acrothele*, *Dictyonina* y *Linnarssonia*), Sierra Agua Verde (*Obolella*) y Arivechi (*Dictyonina*) (Figura 1).

Los artrópodos estuvieron representados en su mayoría por los trilobites, los cuales se caracterizan por poseer el cuerpo protegido por un exoesqueleto de quitina, el cual estaba dividido longitudinalmente en tres zonas o lóbulos, característica de donde toman su nombre. Los trilobites descritos en Sonora son muy abundantes, conociéndose cerca de 90 especies, destacando los del área de Caborca donde se han documentado 35 especies, Sierra Huachuca y Sierra Mesteñas (*Tricepicephalus*), Sierra Los Ajos (*Glossopleura*), San José de Gracia (*Peronopsis* y *Elrathina*) y Arivechi (*Ptychagnostus*) (Figura 2).

Los equinodermos, estuvieron representados por formas extrañas, que no llegaron hasta nuestros días, algunos parecidos a crinoideos como es *Gogia* que se conoce del área de San José de Gracia. Se ha estimado que el 60% de los fósiles del Cámbrico corresponden a trilobites, el 30% a braquiópodos y el 10% restante está constituido por otros grupos como esponjas, moluscos, equinodermos o grupos problemáticos [6].



Figura 1. Braquiópodo del Cámbrico de San José de Gracia (*Acrothele* sp.)

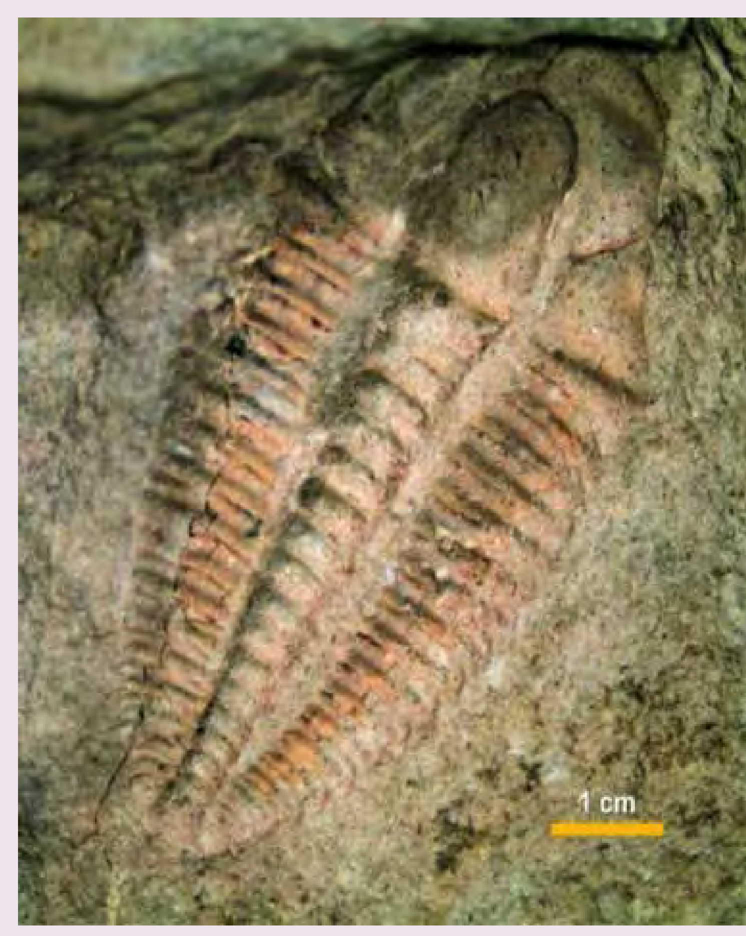


Figura 2. Trilobite del Cámbrico de San José de Gracia (*Elrathina antiqua*).

Ordovícico

El Ordovícico se inició hace unos 485 Ma, constituyendo el segundo periodo de la Era Paleozoica. Fue propuesto por Lapworth en 1879, en referencia a los Ordovicos, una tribu celta que habitó las Islas Británicas [7]. Se caracterizó por la desaparición y aparición de nuevas formas de invertebrados, los cuales se diversificaron rápidamente en el ambiente marino; estas formas nuevas corresponden principalmente a corales, briozoarios, equinodermos y graptolites, mientras que los trilobites, moluscos, esponjas, entre otras formas aparecidas durante el Cámbrico seguían prosperando en los mares someros.

Los mares someros del Ordovícico cubrieron grandes extensiones, en cuyas aguas seguían desarrollándose los equinodermos, sin embargo, durante el Ordovícico surgieron formas nuevas como los Echinoidea (erizos de mar), Holothuroidea (pepinos de mar), Asteroidea (estrellas de mar) y los Crinoidea (lirios de mar); estas formas se han mantenido hasta nuestros días y son parte de los ecosistemas marinos modernos (Figura 3). En Sonora se

conocen fósiles de equinodermos de esta edad en Sierra de Mazatán y Rancho las Norias siendo crinoides.

Al inicio del periodo el clima se caracterizó por ser cálido con tendencia al efecto invernadero, sin embargo, a mediados de este comenzó un enfriamiento global culminando o finalizando como una glaciación, la cual provocó una extinción en masa que mermó fuertemente a las comunidades de trilobites, hasta entonces muy bien adaptadas. Respecto a la geografía, existían dos grandes océanos: el primitivo Iapetus al oeste y hacia el este comenzaba la apertura del Paleo-Tethys; los continentes seguían principalmente en latitudes ecuatoriales [7]. En Sonora se conocen trilobites del Ordovícico en Rancho Pozo Nuevo (*Kainella*), Rancho Placeritos (*Cryptolithoides*) y Rancho Las Norias (*Ectenonotus*).

Un grupo importante que apareció durante el Ordovícico y que se extinguió a inicios del Carbonífero es el de los graptolites, cuyo nombre significa "escritura en piedra". Los graptolites fueron organismos coloniales, los cuales habitaron los mares del Paleozoico y posiblemente eran filtradores. En Sonora se han reportado graptolites del Ordovícico en Cerro Cobachi (*Climacograptus*), Tecoripa (*Amplexograptus*), Mina La Barita cerca de Mazatán (*Dicranograptus*) y en La Casita – Los Chinos (*Orthograptus*) (Figura 4).

Los briozoarios son organismos coloniales que aparecieron por primera vez durante el Ordovícico y aún habitan los mares actuales. En Sonora se conocen fósiles de briozoarios principalmente en Sierra Agua Verde.

Los corales, especialmente los tabulados formaron plataformas carbonatadas durante el Paleozoico, aparecieron en el Ordovícico y se extinguen en el Pérmico. En Sonora se conocen corales tabulados en La Casita – Los Chinos (*Paleophyllum*), así como corales solitarios en Rancho Placeritos (*Deiracorallium*) y en Sierra Agua Verde (*Streptelasma*).

Por otra parte, durante el Ordovícico, los braquiópodos fueron formas comunes en los mares someros, conociéndose en Sonora en Rancho Pozo Nuevo (*Orthidiella*), Rancho Placeritos (*Eoplectodonta*), Rancho Las Norias (*Hesperonomia*), Sierra Agua Verde (*Liricamera*) y Arivechi (*Lingulella*). Los moluscos, entre ellos los bivalvos, gasterópodos y cefalópodos, también constituyeron un importante elemento biológico de los mares, los cuales fosilizaron y hoy en día se conocen en Rancho Pozo Nuevo (*Lecanospira*), Rancho Placeritos (*Palliseria*) y Rancho Las Norias (*Maclurites*). Desde el Ordovícico hasta la actualidad, los mares han sido dominados por grupos tan familiares como los corales, briozoarios, caracoles, bivalvos, cefalópodos y estrellas de mar.



Figura 3. Erizo de mar *(Eucidaris thouarsii)* reciente del Golfo de California mostrando la linterna de aristoteles. Estos organismos se originaron durante el Ordovícico (Echinoidea) y han llegado hasta nuestros días.



Figura 4. Detalle de un graptolite *(Dicranograptus sp.)* Mina La Barita (Mazatán).

Silúrico

El Silúrico se inicia hace unos 443 Ma, y corresponde al tercer periodo de la Era Paleozoica. Fue nombrado por Murchinson en 1939, en honor de los Siluros, una tribu que habitó las islas Británicas [8]. Durante el Silúrico se dio una rápida recuperación de la biodiversidad después el evento de extinción másiva de finales del Ordovícico; además de eventos sucesivos relacionados con el nivel del mar. Durante el Silúrico se dio la colonización de las plantas a tierra firme, abandonando el ambiente marino, y una paleogeografía marcada por el cierre del primitivo Océano de Iapetus [8].

Durante el Silúrico se formaron montañas, desiertos y mares interiores que condujeron a extinciones en escala moderada [8]. Los arrecifes coralinos prosperaron en los mares, y abundaban braquiópodos, moluscos, trilobites y crinoides. Estos últimos contribuyeron a la formación de rocas encrinitas, formadas por la acumulación de cientos de placas articulares de estos equinodermos. También aparecieron algunos de los artrópodos más grandes conocidos en las historia de la Tierra, los Eurypterida, siendo escorpiones marinos con una longitud de hasta tres metros que habitaron los mares hasta finales del Pérmico [1]. En Sonora, el Silúrico está pobremente representado, conociéndose solamente una localidad con fósiles de esta edad, Rancho Placeritos, donde se ha documentado la presencia de braquiópodos, gasterópodos, y crinoideos, destacando la presencia de corales tabulados como *Halysites* (Figura5).



Figura 5. Detalle de *Halysites* sp. coral colonial del Silúrico. Rancho Placeritos.

Devónico

El Devónico es el cuarto periodo de la Era Paleozoica y se inicia hace unos 419 Ma. Fue nombrado por Sedgwick y Murchinson en 1839, en referencia a Devonshire, Reino Unido [9]. El Devónico se caracterizó por una alza generalizada del nivel del mar, invadiendo amplias zonas continentales, y la existencia de dos supercontinentes: Gondwana ubicado en el polo sur y Laurentia se situaba sobre el Ecuador y parte del hemisferio norte [9].

Durante el Devónico ocurrió la primera gran radiación de plantas terrestres y los mares estuvieron poblados por braquiópodos, moluscos, artrópodos, equinodermos, entre otros. También apareció un nuevo grupo de moluscos cefalópodos, los ammonites, los cuales se diversificaron rápidamente y poblaron los mares de la Tierra hasta finales del Cretácico en la Era Mesozoica. A finales del Devónico se diversificaron los artrópodos, apareciendo formas como los ciempiés, milpiés, arañas e insectos [9].

A finales del Devónico una extinción masiva afecto a más del 70% de los organismos. La causa fue un enfriamento global, ocurrido por el descenso de CO_2 debido a los primeros bosques y vegetación [9].

En Sonora se conocen ocho localidades con fósiles del Devónico: Bisaní, Sierra El Tule, Cerro Las Mesteñas, Cerro Cabullona, Rancho Placeritos, Sierra Agua Verde, Mina La Barita y Cerro Cobachi. En estas localidades se han recolectado fósiles de corales solitarios y coloniales (Figura 6), braquiópodos (Figura 7), gasterópodos, equinodermos, entre otros.

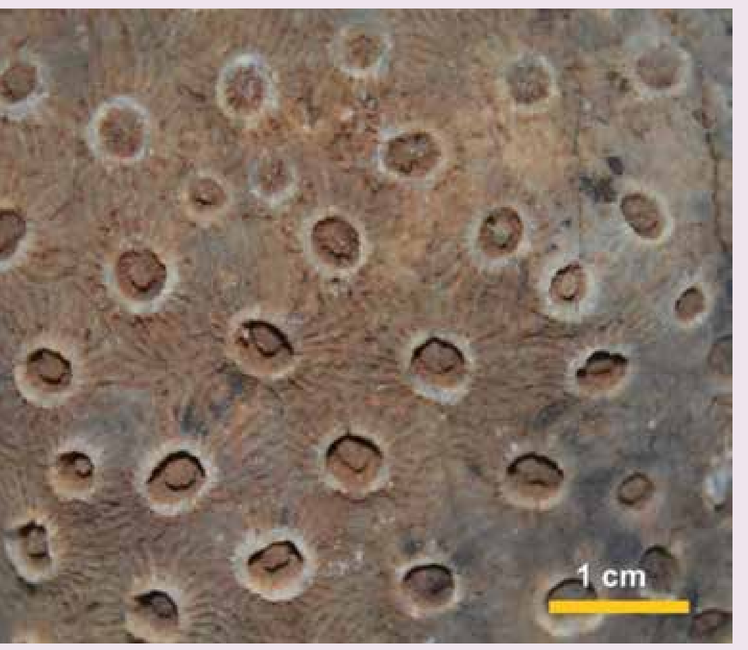


Figura 6. Detalle de un coral colonial no identificado del Devónico de Cerro Las Mesteñas.

Carbonífero

El Periodo Carbonífero fue nombrado en Europa por Conybeare y Phillips en 1822, debido a que los estratos de este periodo contienen depósitos de carbón [10]. En Estados Unidos de América, el Periodo Carbonifero ha sido dividido en Misisípico, en alusión a las rocas expuestas en el Río Misisipi y Pensilvánico, aludiendo a las rocas carbonosas de Pensilvania.

Misisípico

El Misisípico se inició hace 358 Ma y está marcado por grandes cambios a nivel global. El supercontinente Pangea cambió la circulación oceánica mundial, existiendo diferenciación biogeográfica. Las plantas terrestres se diversificaron provocando cambios atmosféricos notables.

Las formas de vida son muy similares a las del Devónico, como las esponjas, briozoarios, corales, moluscos, artrópodos y equinodermos. Los trilobites que habían sido muy exitosos durante el Paleozoico temprano comenzaron su declinación.

En Sonora se conocen 14 localidades con fósiles del Pensilvánico: Rancho Bisaní, Sierra El Tule, Sierra de los Ajos, Cerro Las Mesteñas, Cerro Cabullona, Sierra El Tigre, Rancho Placeritos, Sierra Santa Teresa, Rancho Las Norias, Cerro Las Trincheras, Sierra de Mazatán, Sierra Agua Verde, Cerro Cobachi y Arivechi. En estas localidades se ha reportado la presencia de corales coloniales (*Syringopora, Michelinia,* y *Lithostrotion*), corales solitarios (*Caninophyllum*, *Cyathaxonia* y *Sychnoelasma*), briozoarios ramosos, braquiópodos (*Dielasma, Brachytyrina* y *Cyrtospirifer*) moluscos (*Avonia* y *Echinoconchus*) y crinoideos (Figura 8).



Figura 7. Braquiópodos (*Punctospirifer* sp.) del Devónico de Cerro Las Mesteñas.



Figura 8. **Placas articulares de crinoideos y radiolas de erizos de mar del Misisípico de Sierra Agua Verde.**

Pensilvánico

El Pensilvánico inició hace 323 Ma, durante este subperiodo se formaron mares poco profundos con aguas cálidas, las cuales fueron pobladas por una gran diversidad de organismos como esponjas, corales, briozoarios, braquiópodos, moluscos y crinoideos. También aparecieron formas nuevas como los fusulínidos. Los insectos, entre ellos libélulas gigantes (*Meganeura*) de 75 centímetros de envergadura, se desarrollaron gracias a la exuberancia de las plantas y alto contenido de oxigeno de la atmosfera [10].

En Sonora se conocen nueve localidades con fósiles del Pensilvánico, Sierra El Tule, Cerros Las Mesteñas, Cerro La Morita, Sierra Hachita Hueca, Sierra Agua Verde, Sierra Santa Teresa, Mina La Barita y Sierra La Campaneria. Estas localidades poseen una abundante biota fósil constituida por fusulínidos (*Fusulinella, Triticites* y *Fusulina*), corales coloniales y solitarios, briozoarios (*Fenestella*), braquiópodos (*Spirifer*) y abundantes placas articulares de crinoideos, los cuales parecieran las faunas dominantes durante este periodo.

Figura 9. **Briozoario ramoso del Pensilvánico de Sierra Agua Verde.**

Figura 10. Crinoideos del Pensilvánico de Sierra Agua Verde.

Pérmico

El último periodo del Paleozoico lo constituye el Pérmico, que comenzó hace unos 298 Ma y terminó hace 252 Ma. Fue propuesto por Murchinson (1872) en Perm, Rusia [11]. Durante el transcurso del Pérmico se dio la mayor extinción ocurrida en la historia de la Tierra, debido principalmente al calentamiento global y avance de los desiertos. Está extinción es inclusive de mayores proporciones que la que acabó con los dinosaurios hace 66 Ma [2]. En los mares pérmicos desaparecieron aquellos organismos que vivían fijos o próximos al sustrato, como lo fueron cierto grupo de corales, braquiópodos, briozoarios, amonoideos, crinoideos y completamente los trilobites y fusulínidos.

Muchos otros grupos animales encontraron un ambiente natural propicio, debido a la falta de competencia y continuaron su existencia en regiones tanto acuáticas como terrestres. En Sonora se conocen 13 localidades con rocas del Pérmico, como son Cerro Los Monos, Sierra El Tule, Cerro La Morita, Pilares de Teras, Sierra El Tigre, Sierra Hachita Hueca, Cerro Copete, Sierra Santa Teresa, Sierra Agua Verde, Cerro Cobachi, Sierra El Aliso, Sierra La Campaneria y Cerro Santo Domingo. La biota es abundante y está compuesta por fusulínidos (*Parafusulina, Triticites* y *Skinnerella*) espículas de esponja, corales (*Lophophyllidium*), braquiópodos (*Dielasma, Liosotella* y *Stenocisma*), ammonites (*Waagenoceras*) y placas articulares de crinoideos (Figura 11).



Figura 11. Placas articulares de crinoideos del Pérmico, Sierra El Tigre.

CONCLUSIÓN

El estado de Sonora posee una abundante biota fósil, particularmente del Paleozoico, estando representados todos los periodos que lo componen. La biota fósil esta representada por esponjas, corales, braquiópodos, moluscos, artrópodos, equinodermos, entre otros. Los fósiles son importantes debido a que proporcionan información muy valiosa del pasado geológico, como es la edad relativa de las rocas que los contienen, la distribución de masas terrestres y mares, proporcionan información climatológica, son la prueba indiscutible de la evolución orgánica, constituyen importantes depósitos de hidrocarburos y ayudan a resolver complejos problemas geológicos. Por lo anterior, es irrefutable la importancia que estos tienen como patrimonio que debe ser preservado para la posterioridad.

AGRADECIMIENTOS

Francisco Cuen agradece al Posgrado en Biociencias del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS) por proveer las facilidades para llevar a cabo este trabajo, así como a CONACYT por el apoyo financiero. Este trabajo se encuentra enmarcado en los proyectos CONACYT No. 165826, 235970 y ECOS Francia-México No. 229494.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. C. Allwood, «Evidence of life in Earth's oldest rockso,» Nature, pp. 1-2, 2016.

[2] B. E. Buitrón Sánchez, E. Almazán Vázquez y M. C. Gómez Espinosa, Paleontología General Invertebrados, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2010, p. 317.

[3] A. Seilacher, D. Grazhdankin y A. Legouta, «Ediacaran biota: The dawn of animal life in the shadow of giant protist,» Paleontological Research, vol. 7, nº 1, pp. 43-54, 2003.

[4] A. Penumaka, «The Cambrian Explosion and the Origins of Diversity,» Harvard Science Review, pp. 44-47, 2011.

[5] S. Peng, L. Babcock y R. Cooper, «The Cambrian Period,» de The Geologic Time Scale 2012, vol. 2, F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz y G. M. Ogg, Edits., China, Elsevier, 2012, pp. 437-488.

[6] F. J. Cuen Romero y L. Radelli Rocco, «Un problema estratigráfico en el Cámbrico y Precámbrico de Caborca, Sonora,» XXXI Semana Cultural de Geología, pp. 6-7, 2007.

[7] R. Cooper y P. Sadler, «The Ordovician Period,» de The Geologic Time Scale 2012, vol. 2, F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz y G. M. Ogg, Edits.,¡¡ China, Elsevier, 2012, pp. 489-523.

[8] M. Melchin, P. Sadler y B. Cramer, «The Silurian Period,» de The Geologic Time Scale 2012, vol. 2, J. G. O. M. D. S. y. G. M. O. F. M. Gradstein, Ed., China, Elsevier, 2012, pp. 525-558.

[9] R. Becker, F. Gradstein y O. Hammer, «The Devonian Period,» de The Geologic Time Scale 2012, vol. 2, J. G. O. M. D. S. y. G. M. O. F. M. Gradstein, Ed., China, Elsevier, 2012, pp. 559-601.

[10] V. Davydov y M. Schmitz, «The Carboniferous Period,» de The Geologic Time Scale 2012, vol. 2, J. G. O. M. D. S. y. G. M. O. F. M. Gradstein, Ed., China, Elsevier, 2012, pp. 603-651.

[11] C. Henderson, V. Davydov y B. Wardlaw, «The Permian Period,» de The Geologic Time Scale 2012, J. G. O. M. D. S. y. G. M. O. F. M. Gradstein, Ed., China, Elsevier, 2012, pp. 653-679.

MÉTODOS DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN BIOLOGÍA

Methods of computational simulation in biology

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Amir Darío Maldonado Arce[1]
Claudio Contreras Aburto[2]
Fernando Favela Rosales[3]
Jorge Alfonso Arvayo Zatarain[4]
Efrain Urrutia Bañuelos[5]

Recibido: 18 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Amir Darío Maldonado Arce
Correo: maldona@guaymas.uson.mx

Resumen

Las técnicas de simulación computacional se usan extensivamente para estudiar sistemas biológicos, y en general, materiales sólidos y blandos. Debido a la complejidad de los fenómenos biológicos, y a la imposibilidad de estudiar teóricamente el comportamiento de sistemas tales como proteínas y membranas, la simulación computacional se utiliza para estudiar la estructura y dinámica de estos sistemas en diferentes escalas temporales. En este artículo describiremos brevemente algunas de las técnicas de simulación computacional más utilizadas en Biología: la Dinámica Molecular, la Dinámica Browniana y el Método de Monte Carlo. Nuestra intención es proporcionar un panorama introductorio de la utilidad de los métodos de simulación molecular en Biología.

Palabras clave: Simulación computacional, biofísica, proteínas, membranas biológicas.

Abstract

Computer simulation techniques are widely used in order to study biological systems and, in general solid and soft materials. Due to the great complexity of biological phenomena, and to the impossibility of studying theoretically systems such as proteins and membranes, computer simulations are used in order to understand the structure and dynamics of these systems at different time scales. In this paper we briefly describe some of the main computer simulations techniques used in Biology: Molecular Dynamics, Brownian Dynamics and the Monte Carlo Method. Our aim is to provide an introductory overview of the utility of computer simulation methods in Biology.

Keywords: *Computer simulations, biophysics, proteins, biological membranes.*

Departamento de Física, Universidad de Sonora/Correo: maldona@guaymas.uson.mx 1
Facultad de Ciencias en Física y Matemáticas, Universidad Autónoma de Chiapas/Correo: claudio.contreras@unach.mx 2
Departamento de investigación, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Occidente/Correo: ffavela@itszo.edu.mx 3
Posgrado en Materiales, Universidad de Sonora/Correo: poncho_8629@hotmail.com 4
Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora/Correo: eurrutia@cifus.uson.mx 5



INTRODUCCIÓN

A nivel subcelular los sistemas biológicos son sumamente complejos. En un espacio muy pequeño (el tamaño de la célula, cuyo diámetro es del orden de una a diez micras) interactúan una gran cantidad de moléculas: proteínas, fosfolípidos, azúcares, sales, agua, etc. Dichas moléculas se encargan de todas las funciones vitales, desde captar los estímulos del medio ambiente (calor, luz, sonido, etc), hasta metabolizar los alimentos, asegurar la reproducción de la célula y de los organismos y luchar contra entes patógenos.

La Biología Molecular ha avanzado a pasos acelerados en las últimas décadas desentrañando experimentalmente los mecanismos de muchos fenómenos a escala molecular. Sin embargo, debido a la enorme diversidad del microcosmos celular la mayor parte de los procesos biológicos, e incluso la vida misma, no han sido todavía completamente comprendidos por la ciencia.

Los métodos teóricos y computacionales son herramientas que en conjunción con su contraparte experimental están permitiendo el avance de la Biología Molecular. En este artículo describiremos brevemente algunas de las técnicas de simulación computacional más utilizadas en Biología: la Dinámica Molecular, la Dinámica Browniana y el Método de Monte Carlo. Nuestra intención es proporcionar un panorama introductorio de la utilidad de los métodos de simulación molecular en Biología.

SIMULACIONES COMPUTACIONALES EN BIOLOGÍA

El objetivo de una simulación molecular es reproducir con cierta aproximación en una computadora el comportamiento de un sistema biológico. Se parte del hecho de que los sistemas están formados por moléculas que interaccionan entre sí mediante las fuerzas conocidas en la naturaleza. Todas las estructuras conocidas en Biología, así como sus movimientos cumplen las leyes de la Física.

Por ejemplo, la estructura de una proteína (Figura 1) se debe a las interacciones entre los aminoácidos que la conforman: puentes de Hidrógeno, interacciones ión-ión, fuerzas de van der Waals, efecto hidrofóbico, etc. Todas las estructuras a nivel subcelular, celular e incluso tisular se deben a las fuerzas entre las moléculas presentes.



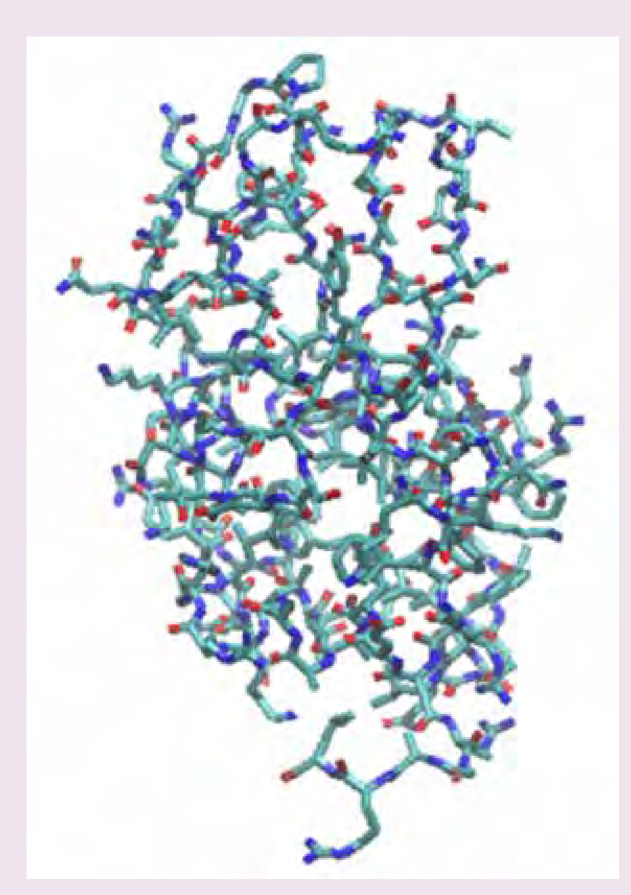


Figura 1. Estructura tridimensional de la Lisozima de huevo tomada del Protein Data Bank.

Pero no solamente las estructuras estáticas de los sistemas biológicos dependen de las fuerzas entre sus componentes. También los movimientos en esas escalas dependen de las interacciones. Por ejemplo: cuando una proteína se está formando en los ribosomas, conforme la cadena de aminoácidos va creciendo, la estructura se va plegando hasta alcanzar la forma tridimensional funcional de la proteína; el proceso de plegamiento y los movimientos que implica obedecen a las leyes de la Física. Otro ejemplo es una membrana biológica (Figura 2): sus elementos como moléculas de fosfolípido, colesterol y las proteínas de membrana, están en continuo movimiento; es decir, la estructura tiene un grado de fluidez bidimensional; por ello se conoce como Modelo del Mosaico Fluido al esquema conceptual que explica una membrana biológica. En la figura 3 se muestran la escala espacial de algunas estructuras biológicas, así como los tiempos característicos de algunos procesos.

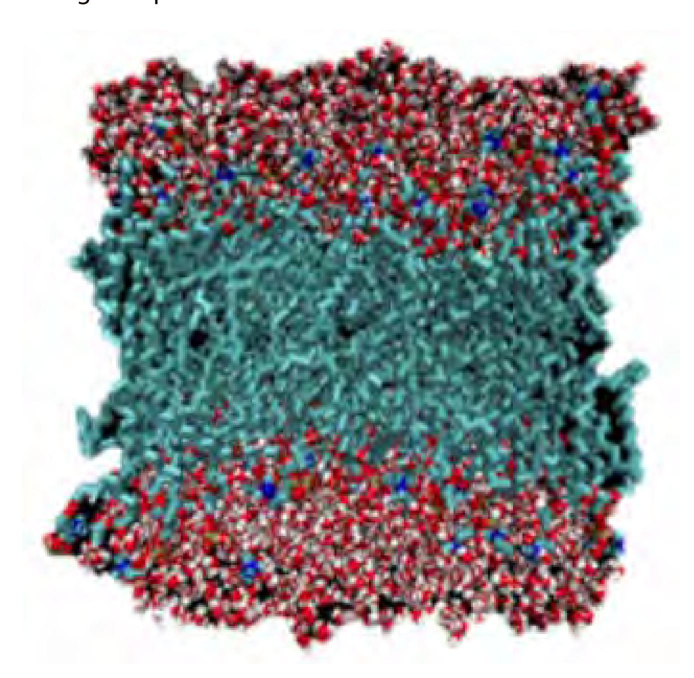
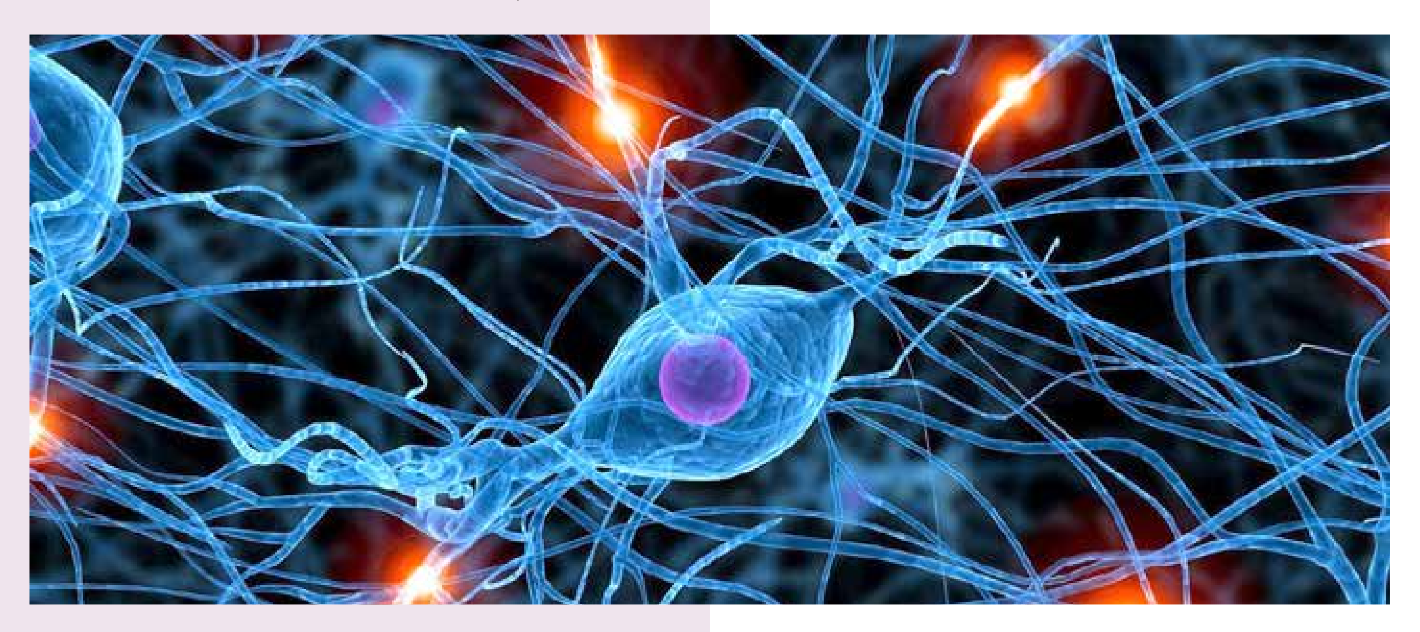


Figura 2. Estructura de una membrana de fosfolípido (DPPC) en agua.



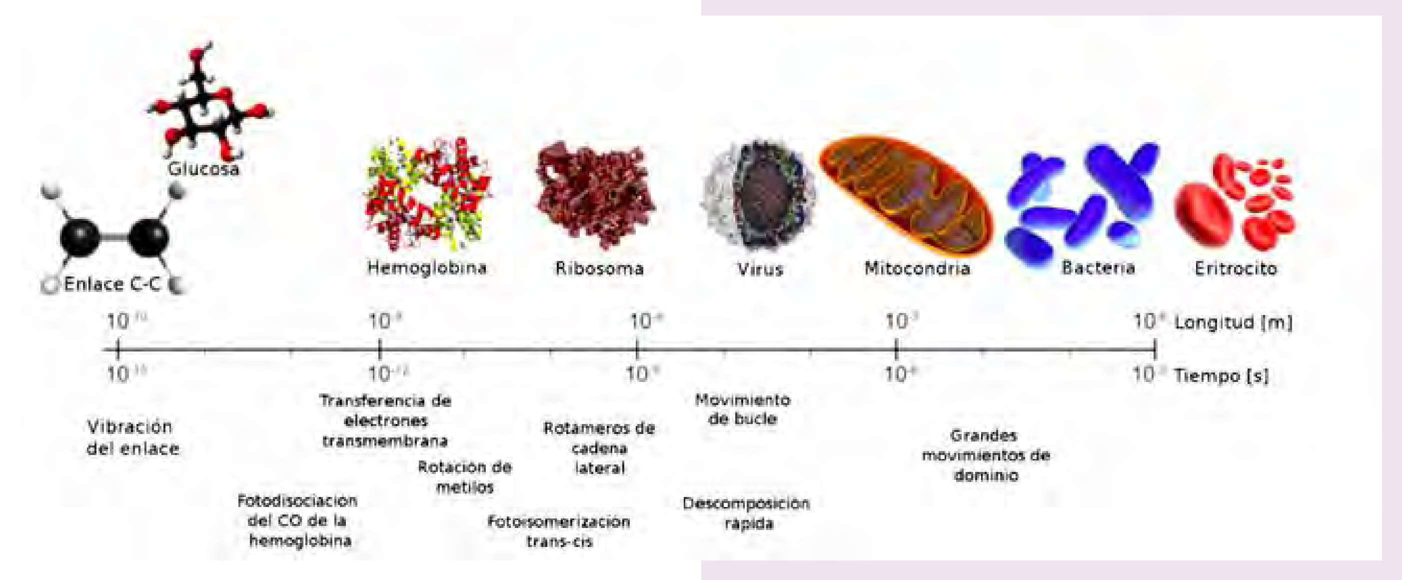


Figura 3. Escala espacial de algunas estructuras biológicas y tiempos característicos de algunos procesos biológicos.

Todos los movimientos en los sistemas biológicos dependen de las leyes de la Física. Sin embargo, algunos son tan complejos e involucran tal cantidad de moléculas, que es difícil describirlos teóricamente. Por ejemplo, pensemos en las fluctuaciones de una proteína o de una membrana debidas al continuo golpeteo debido a las moléculas de agua. Aunque las características de este movimiento se deben a las interacciones entre las diferentes moléculas, el resultado es aleatorio e imposible de describir con completo detalle. Este tipo de movimientos está relacionado con el denominado “Movimiento Browniano”, descubierto por el botánico escocés Robert Brown en 1827, quien observó en un microscopio que partículas de polen en la superficie del agua se mueven aleatoriamente; en su momento él pensó que las partículas tenían vida y movimiento propio; fue Einstein quien en 1905 demostró teóricamente que ese movimiento se debe a las colisiones de las moléculas de agua con la partícula de polen.

Es en este tipo de situaciones donde la simulación computacional juega un papel importante pues permite programar en una computadora las posiciones y velocidades de un número grande de partículas y seguir su evolución durante cortos tiempos.

FUERZAS ENTRE PARTÍCULAS

La estructura que adopta un sistema biológico, así como su evolución temporal depende de las fuerzas entre los átomos que conforman a sus moléculas. Estas fuerzas pueden ser atractivas, como la interacción de van der Waals o los enlaces puentes de Hidrógeno, o pueden ser repulsivas, como la estérica de corto alcance o la que existe entre iones de igual carga eléctrica. A esas fuerzas habría que agregar efectos que tienen que ver con la Segunda Ley de la Termodinámica, como el efecto hidrofóbico o las llamadas fuerzas de depleción.

En el caso de las fuerzas conservativas, es decir, aquellas que admiten la definición de una energía potencial, se cumple:

$$F = -\frac{dV}{dr} \qquad (1)$$

donde F es la fuerza entre un par de partículas (átomos, moléculas, agregados, etc), V es la energía potencial del sistema y r es la distancia de separación entre ellas. El signo negativo indica que la fuerza tiene la dirección en la cual disminuye la energía potencial.

Muchas de las fuerzas importantes en Biología satisfacen la ecuación 1. Por ejemplo, las interacciones ión-ión y las fuerzas de van der Waals. En algunos métodos de simulación, el programa computacional evalúa las fuerzas entre partículas a partir de los potenciales V que previamente se programan en lo que se conoce como el campo de fuerzas (ver sección siguiente).

Experimentalmente se ha encontrado que en términos generales la interacción entre cualquier par de partículas microscópicas (átomos, moléculas) tiene las siguientes tres características: 1) la fuerza es nula cuando las partículas están muy separadas, 2) la fuerza es atractiva a distancias intermedias, y 3) la fuerza es altamente repulsiva para distancias muy cortas (del orden o menores que el diámetro de las partículas). En la figura 4 se presenta un potencial V que satisface estas tres condiciones. De hecho, la gráfica se dibujó a partir de un modelo conocido como potencial de Lennard-Jones:

$$V(r) = 4\varepsilon\left(\left(\frac{\sigma}{r}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{r}\right)^{6}\right) \qquad (2)$$

En esta ecuación σ es el diámetro de las partículas interactuantes separadas una distancia r. El término de potencia 12 representa la repulsión de corto alcance, mientras que el término de potencia 6 representa la

atracción a alcances medios. La gráfica de la figura 4 fue realizada con los parámetros del Argón. Estos valores son: $\sigma = 3.4$ Å y $\varepsilon = (120\ K)\cdot k_B$, donde $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K es la constante de Boltzmann. Nótese que en la gráfica de la figura 4 por conveniencia se grafica $V(r)/k_B$, cociente cuyas unidades son Kelvins (K).

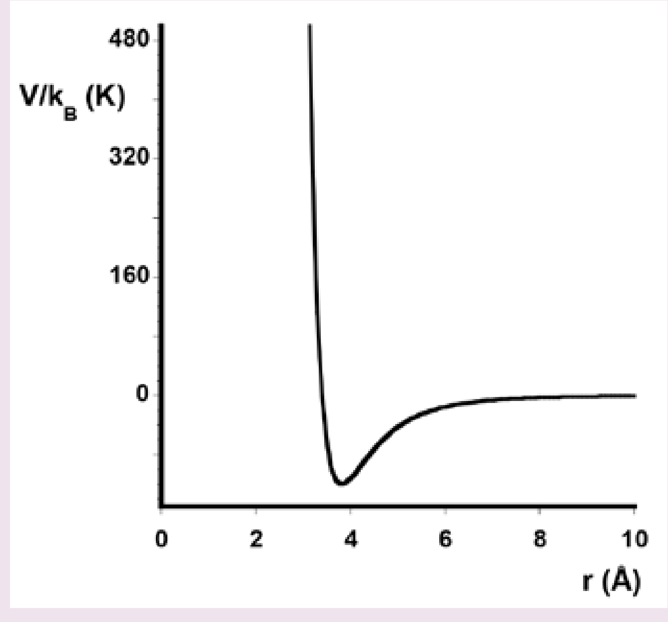


Figura 4. Potencial de Lennard-Jones graficado con los parámetros del Argón (ver texto). Nótese que en el eje vertical se ha graficado $V(r)/k_B$.

Hay también efectos que no se deben a fuerzas directas entre partículas; por ejemplo, el efecto hidrofóbico, el cual tiene que ver con la entropía del sistema. Mención especial requiere el efecto del golpeteo térmico de las moléculas de agua. Existen métodos que consideran las colisiones individuales de las moléculas de solvente sobre la molécula de interés. Aunque en ocasiones se toma su efecto simplemente como una fuerza aleatoria sobre las partículas del sistema.

El solvente también influye de otras maneras sobre la dinámica del sistema. Por ejemplo, toda partícula que se desplaza en un fluido sufre una fuerza de fricción opuesta a su movimiento; esta fuerza se puede aproximar mediante la ecuación de Stokes:

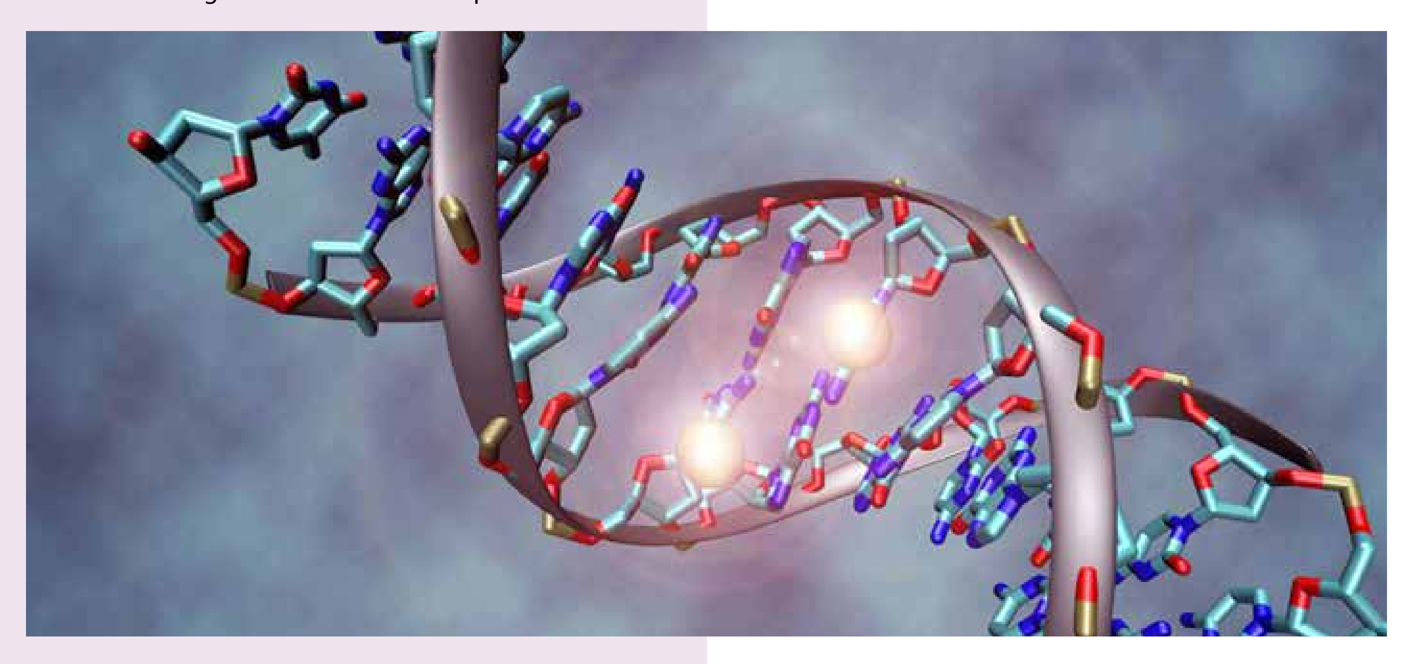
$$f = 6\pi\eta R v \quad (3)$$

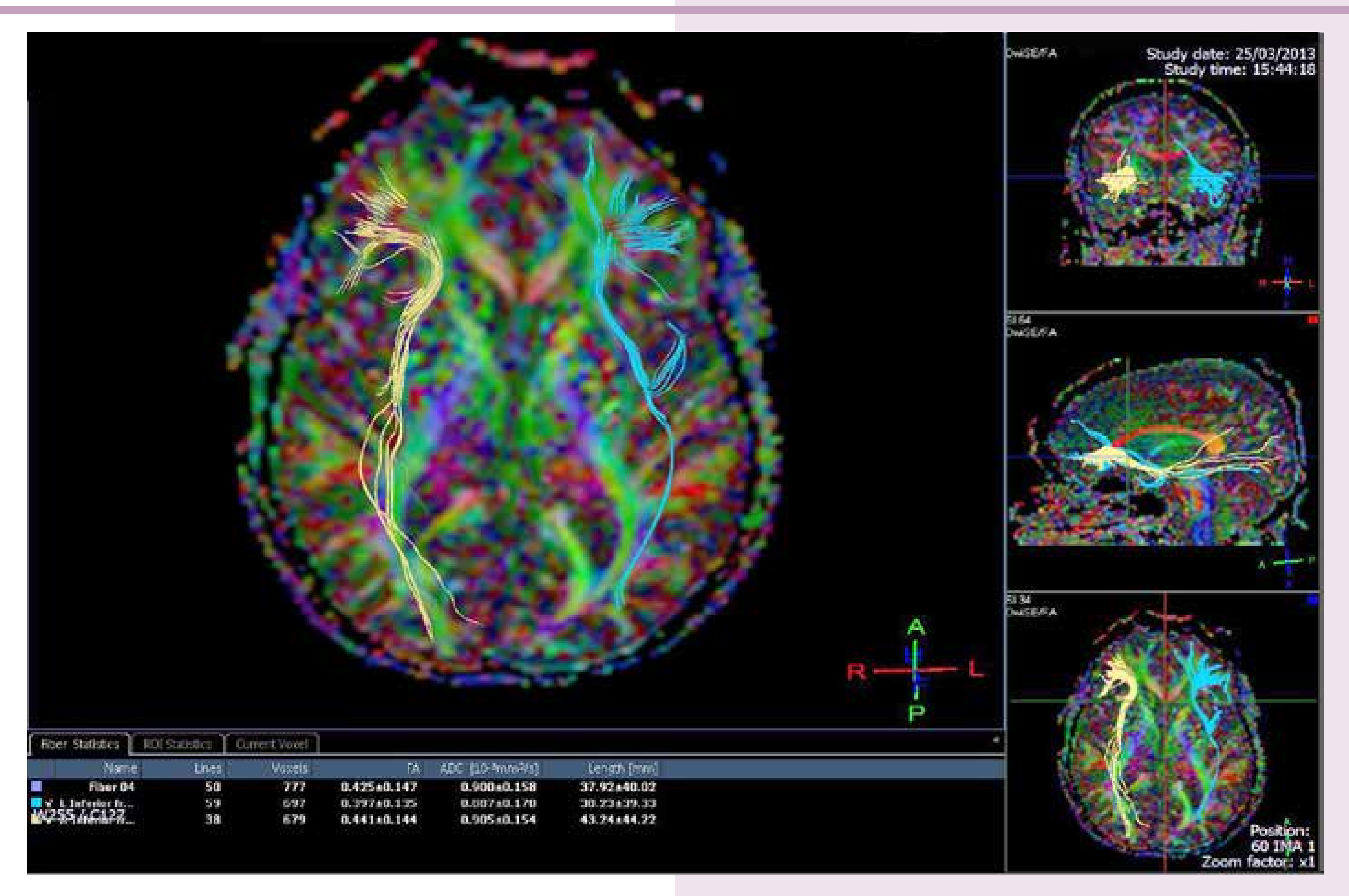
En donde η es la viscosidad del solvente, R el radio de la partícula (supuesta esférica) y v su velocidad.

MÉTODOS DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Los diferentes métodos de simulación consideran las interacciones mencionadas para estudiar la evolución de los sistemas a escala microscópica. En cada método se escriben programas de cómputo que calculan numéricamente, en función del tiempo, la posición y la velocidad de cada partícula que forma el sistema. En una situación ideal, en una simulación se incluiría cada átomo que conforma el sistema; por ejemplo cada átomo de una proteína más los átomos del solvente en el que se encuentra inmersa y los átomos de otras moléculas presentes. Sin embargo, son tan grandes los números de átomos en un sistema real, que considerar todos los átomos es imposible. Cualquier programa de simulación considera un número relativamente pequeño de partículas.

Como resultado de la simulación se obtienen por ejemplo archivos con las configuraciones espaciales y la distribución de velocidades de cada partícula simulada, en función del tiempo. Esto permite reconstruir una





película con la evolución temporal del sistema o presentar imágenes del estado del sistema en determinados tiempos. Con los mismos archivos se puede obtener información estructural del sistema, como la función de distribución radial; también se puede obtener información de la dinámica del mismo, como el desplazamiento cuadrático medio o los coeficientes de difusión.

La historia de la simulación por computadora se remonta a las primeras computadoras programables, siendo el ejemplo más conocido la Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC, 1943). La ENIAC se usaba para predecir la trayectoria de proyectiles, y para el estudio de las ondas de choque producidas por las reacciones termonucleares. La ENIAC operaba a una velocidad de 100 mil ciclos por segundo; las notebook que llevamos en nuestras mochilas hoy en día operan a miles de millones de ciclos por segundo.

En la década de los cincuenta las computadoras electrónicas empezaron a usarse más comúnmente fuera del ámbito militar. En 1953 Nicholas Constantine Metropolis desarrolló las bases del ahora conocido como método de Metropolis Monte Carlo. En 1956, Alder y Wainwright reportaron la primera simulación de Dinámica Molecular (DM). Posteriormente ellos mismos simularon un sistema de esferas rígidas y mostraron que puede cristalizarse [1]. Otro paso importante lo dio Aneesur Rahman, quien en 1964 simuló por DM el argón líquido [2].

Con el correr de las décadas, los sistemas computacionales se han mejorado de forma notable, proceso que ha sido acompañado por un correspondiente desarrollo en los lenguajes de programación. A la par, también se han ido mejorado los algoritmos de simulación, mediante el desarrollo gradual de técnicas tales como la transformada rápida de Fourier (1965), el algoritmo rápido de multipolos (1987), el método de Loup Verlet para la integración de las ecuaciones de movimiento (1967), etc.

Entonces, a lo largo de la historia las primeras simulaciones en aparecer en escena fueron Monte Carlo (MC) y la Dinámica Molecular (DM), y aún en la actualidad continúan siendo dos de las técnicas más utilizadas. La técnica de MC nos permite obtener propiedades estructurales, mientras que DM nos permite obtener tanto propiedades estructurales como dinámicas. Sin embargo, una limitante seria que tiene la DM es que solamente podemos simular la dinámica en tiempos que van desde nanosegundos, y hasta un máximo de microsegundos. Para salvar esta y otras dificultades relacionadas, se han desarrollado otras técnicas que reciben el nombre de simulaciones de grano grueso, o más brevemente, simulaciones mesoscópicas. Un ejemplo representativo de esta última clase de métodos es la Dinámica Browniana (DB). En lo que resta de esta sección presentaremos una descripción breve sobre estos tres métodos: MC, DM y DB [3] [4].

El diseño general que presenta casi toda simulación por computadora se muestra en la figura 5.

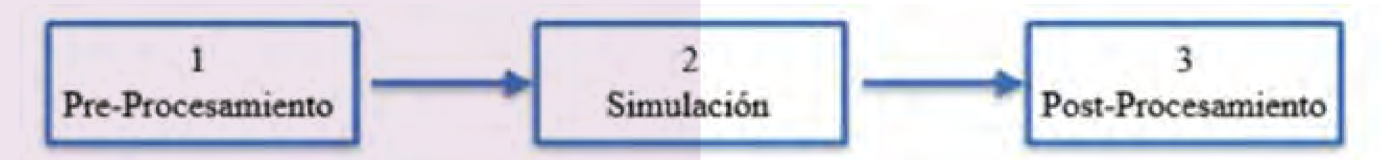


Figura 5. Etapas de toda simulación por computadora.

En la etapa 1 se especifican los parámetros del sistema (densidad, cargas eléctricas, temperatura, etc), los parámetros de la simulación (longitud de la caja de simulación, número de pasos de simulación, etc), las posiciones iniciales de las partículas y, en los paquetes de simulación más desarrollados (por ejemplo Gromacs), es la etapa en la cual se construye la topología del sistema, se especifican los métodos de integración de las ecuaciones de movimiento, etc. Esta etapa es crucial, ya que en ella debemos formular el modelo que captura las principales características del proceso a estudiar, así como traducir dicho modelo al lenguaje matemático, satisfaciendo las leyes de la física con las condiciones iniciales y de frontera adecuadas.

En la etapa de simulación la computadora realiza los cálculos solicitados. También en esta etapa se almacenan los resultados para su análisis posterior. Finalmente, los resultados obtenidos se analizan y visualizan durante el Post-Procesamiento.

La etapa 1 es más o menos universal en todos los sistemas. Uno de los primeros pasos en esta etapa consiste en especificar la configuración inicial del sistema, para luego hacerlo evolucionar y obtener un muestreo de configuraciones en la etapa 2. De igual manera existe una serie de técnicas que se usan en la etapa 2, las cuales son comunes en todos los tipos de simulación molecular. Estas técnicas son:

1. Técnicas de manejo de las condiciones de frontera. Un sistema celular típico es un microcosmos que consiste de una población de miles de billones de átomos o moléculas. Sin embargo, en una súper-computadora solamente podemos manejar algunos cientos de millones de grados de libertad (posiciones y velocidades). Por lo tanto, nos vemos forzados a simular solamente una muestra representativa del sistema celular (por ejemplo, una pequeña porción de membrana celular). Para darle un sentido de realismo al hecho de que la muestra es parte de un sistema mucho más grande, debemos especificar las condiciones que deben satisfacer las moléculas que se encuentran en la frontera de la muestra. Las condiciones de frontera más comúnmente usadas son las Condiciones de Frontera Periódicas (CFP). En las CFP se considera que la muestra representativa es el centro de una red infinita de muestras idénticas conocidas como réplicas imagen, y si una partícula está saliendo de la muestra por un lado hacia la imagen derecha, es porque otra partícula idéntica está entrando en el lado opuesto desde la izquierda.
2. Truncamiento de las interacciones. Al calcular la fuerza que experimenta una molécula se consideran solamente aquellas moléculas que se encuentran hasta cierta distancia de corte, r_c. Esta distancia se elige según las propiedades del potencial de interacción entre las partículas.
3. Convención de imagen mínima. También se refiere al cálculo de las fuerzas y energía, y consiste en considerar a aquellas partículas que se encuentran en las réplicas imagen más cercanas, para calcular la fuerza que experimenta cada partícula.
4. Un generador de números aleatorios.
5. Equilibración. Una simulación inicia asignando valores arbitrarios a las coordenadas (posiciones y velocidades) de los átomos o moléculas que constituyen la muestra. Dependiendo del sistema las coordenadas pueden tomarse de bases de datos como el Protein Data Bank u otros. De hecho, así se tomaron las coordenadas para graficar la proteína de la figura 1. Una vez definida la configuración inicial, la simulación asigna nuevas posiciones (y velocidades en DM) a las partículas. Dado que los valores iniciales de las coordenadas son arbitrarios, típicamente el sistema se encuentra inicialmente fuera de equilibrio, lo cual significa que sus propiedades físicas (compresibilidad, energía interna, etc) adquieren valores dependientes del tiempo de simulación. Sin embargo llega un momento en que dichos valores se vuelven constantes; se dice entonces que el sistema está equilibrado.

En lo que sigue nos enfocaremos en describir brevemente los métodos MC, DM y DB, enfocándonos en describir la maquinaria esencial que mantiene en marcha la etapa 2, partiendo de una muestra equilibrada.

Monte Carlo

En el método de Monte Carlo (MC) se generan configuraciones aleatorias del sistema, las cuales se usan posteriormente para evaluar promedios de las propiedades físicas de interés. La técnica más popular para colectar la muestra se conoce como "muestreo por importancia", y fue introducida por Metropolis. Un algoritmo sencillo que ilustra el método de Metropolis Monte Carlo es el siguiente:

1. Se construye una configuración inicial del sistema Co, con la cual se evalúa la energía potencial inicial, Uo.
2. Se selecciona una partícula al azar y se desplaza

aleatoriamente, generando de esta manera una nueva configuración, Cn.

3. Se evalúa la energía potencial, Un, correspondiente a la configuración Cn.
4. Si la diferencia entre energías potenciales Un - Uo es negativa, se acepta la nueva configuración Cn para formar parte de la muestra (porque los sistemas deben tender a la mínima energía). Si la diferencia es positiva, se sigue el siguiente procedimiento como criterio para aceptar o rechazar la nueva configuración: primero se calcula el valor de $e = exp^{-b(U_n - U_o)}$, en donde b es un parámetro que depende de la temperatura. Luego, se genera un número aleatorio entre 0 y 1, al cual se denomina "a". Finalmente, si e > a, la configuración Cn es aceptada y en caso contrario es rechazada.
5. Si la configuración Cn fue aceptada, se convierte en la nueva Co y se repiten los pasos 1 – 4; si fue rechazada se vuelven a repetir los pasos 2 - 4.

Esta serie de pasos se repite en la computadora millones de veces, para así obtener la muestra deseada. Debido a que en MC el muestreo de configuraciones se realiza al azar no es posible simular la evolución temporal del sistema usando éste método.

Dinámica Molecular

En la técnica de simulación Dinámica Molecular (DM), las moléculas biológicas son descritas como una serie de cargas puntuales (átomos) enlazadas por resortes (enlaces). Para describir la evolución temporal de los enlaces, los ángulos de enlace, las torsiones y las interacciones electrostáticas y de Van der Waals entre los átomos se debe utilizar un campo de fuerza. El campo de fuerza es una colección de ecuaciones y constantes que caracterizan la forma funcional del potencial de interacción (V en la ecuación 1) y está diseñada para reproducir la geometría molecular y determinadas propiedades que pueden ser contrastadas con experimentos. El campo de fuerza que describe a moléculas biológicas debe tener la información de los potenciales de interacción V que describan la fuerza entre los diferentes átomos de la molécula; con dichos potenciales, se puede calcular la fuerza usando la ecuación 1. Algunos de los campos de fuerza más usados en Biofísica computacional son AMBER, CHARMM y GROMOS.

En una simulación de DM podemos medir las propiedades físicas de interés, en un intervalo de tiempo específico. La diferencia con un experimento real radica en que con la simulación de DM podemos "medir" las posiciones y velocidades de los átomos y moléculas que componen la muestra. Entonces, todas las propiedades físicas de interés (compresibilidad, conductividad eléctrica, etc) resultan como promedios sobre posiciones y velocidades.

Un algoritmo simple de DM (5) consta de los siguientes pasos:

1. Calcular las fuerzas que experimentan cada una de las partículas.
2. Integrar las ecuaciones de Newton en un intervalo de tiempo pequeño Δt (típicamente femtosegundos) para obtener las nuevas posiciones y velocidades de las partículas.
3. Repetir los pasos 1 y 2 millones de veces para observar la evolución del sistema en nanosegundos o microsegundos. Guardar una muestra de las coordenadas generadas, típicamente a intervalos de 10 a 100 pasos de simulación, para su posterior análisis en la etapa 3.

Dado que en DM realmente se simula la evolución temporal del sistema, también podemos calcular propiedades de transporte como desplazamientos cuadráticos medios, coeficientes de difusión, conductividades eléctricas, etc.

Dinámica Browniana

En la Dinámica Molecular (DM) se obtienen las posiciones y velocidades de las moléculas. Sin embargo, debido al número enorme de grados de libertad que debemos manejar y al correspondiente número enorme de ecuaciones de movimiento que hay que resolver, típicamente la DM está limitada a tiempos de simulación de unos cuantos microsegundos, esto ¡a expensas de tiempos de cálculo que pueden durar hasta un año!. Consideremos, además, que también tenemos que integrar las ecuaciones de movimiento de las moléculas de agua. Esto impone serias limitantes al tamaño de la muestra y el tiempo que se puede simular.

Con el objetivo de sortear estas dificultades, se han desarrollado los métodos de grano grueso, o mesoscópicos, en donde el solvente se considera como un medio continuo con constante dieléctrica y una viscosidad dadas. Como prototipo de simulación mesoscópica consideramos aquí la Dinámica Browniana (DB). En este método se considera la evolución de las posiciones de las partículas como un proceso estocástico, y para ello, se trabaja en escalas de tiempo Δt tales que las velocidades ya no sufren cambios (a dicho régimen de escalas de tiempo se le conoce como régimen sobreamortiguado). Entonces en la DB nos ocupamos solamente en describir la evolución de las posiciones de las moléculas.

Un algoritmo simple de DB consta de los siguientes pasos:

Primero, se calculan las fuerzas que experimentan cada una de las partículas que constituyen las proteínas, membranas, etc, considerando que ahora además de las interacciones directas entre las partículas debemos considerar las fuerzas provocadas (o mediadas) por el solvente: la fricción y las fuerzas hidrodinámicas. Además, se considera una fuerza aleatoria que representa el golpeteo de las moléculas de agua. Enseguida, se integra la ecuación movimiento en un intervalo de tiempo Δt (típicamente unos cientos de nanosegundos), para obtener las nuevas posiciones de las partículas.

Después se repiten los pasos anteriores decenas de

miles de veces para observar la evolución del sistema en segundos; se guarda una muestra de las coordenadas generadas, típicamente a intervalos de 10 pasos de simulación, para su posterior análisis en la etapa 3. Debido a su naturaleza, la DB permite simular tiempos que son inalcanzables para la DM. Una simulación por DB se puede simplificar notablemente si se ignoran las interacciones hidrodinámicas.

SIMULACIONES COMPUTACIONALES EN BIOLOGÍA

Las metodologías de simulación descritas son muy útiles para investigar sistemas biológicos que de otra forma serían imposibles de estudiar. Por ejemplo, al obtener por simulación el detalle de la dinámica de una proteína se puede seguir la evolución de su estructura secundaria y visualizar por ejemplo los cambios en el sitio activo de una enzima; esto es necesario cuando se investiga el efecto de algunos medicamentos. Entender la estructura y estabilidad de las biomoléculas es de gran importancia para el diseño de fármacos y enzimas.

En el caso de las membranas, el resultado de la simulación permite visualizar la difusión de las moléculas de lípido o la fase de ordenamiento en la que se encuentran. Esto se puede contrastar con resultados experimentales para ver si los modelos teóricos funcionan apropiadamente. Avanzar en el entendimiento del fenómeno de difusión en membranas fluidas es importante en el contexto de la regulación del transporte de iones y en la transducción de señales, solo por citar dos ejemplos.

Otros fenómenos biológicos que se pueden estudiar por simulación computacional son por ejemplo el plegamiento y la estabilidad de proteínas y otras biomoléculas similares en solución, los acoplamientos moleculares, tales como la asociación proteína-ligando y el transporte de iones en canales iónicos, tomando en cuenta la influencia del solvente.

Sin embargo, es importante mencionar que la capacidad de un método de simulación para poder describir un determinado fenómeno depende en gran medida de: (a) el modelo que se está usando y (b) de las escalas de tiempo y de longitud en las que ocurre el fenómeno de interés. Por ejemplo, si quisiéramos simular el crecimiento de un tumor, sería prácticamente imposible hacerlo empleando un método como los descritos en este trabajo por las escalas de tiempo y espaciales involucradas. En el extremo opuesto, si nos interesa describir fenómenos que involucran el comportamiento de la estructura electrónica de las biomoléculas, entonces debemos recurrir a métodos de simulación que hacen uso de los principios básicos de la mecánica cuántica. Algunos paquetes de simulación (como Gromacs) tienen puertos de simulación cuántica, en donde parte del sistema se analiza realizado cálculos mecánico-cuánticos.

Cabe señalar que en este texto se han discutido solamente métodos de simulación basados en la mecánica clásica; no se han abordado métodos de mecánica cuántica los cuales tratan de explicar los fenómenos biológicos considerando la estructura atómica de las biomoléculas. Aunque la mecánica cuántica puede explicar o predecir aspectos de la estructura de ciertas moléculas biológicas, explicar las interacciones intermoleculares a nivel cuántico es todavía un reto enorme que implicaría grandes recursos de cómputo.

Por ejemplo simular el paso de iones, como átomos de calcio, a través de una membrana celular es muy complejo. Imaginemos un pequeño átomo difundiéndose por canales que están constituidas por decenas de átomos ligados entre sí. Este proceso aparentemente sencillo, es sumamente complejo de modelar con cálculos cuánticos de primeros principios, esto es, resolviendo la ecuación de Schrödinger en un medio acuoso; necesariamente se requieren aproximaciones para obtener una descripción cuantitativa del proceso y su simulación resultaría muy costosa en términos computacionales.

Por estas razones se utilizan más los cálculos de la mecánica clásica los cuales reproducen con aceptable aproximación algunos procesos biológicos, como el movimiento de una membrana o el plegamiento de una proteína, y no requieren tanto tiempo de cómputo.

CONCLUSIONES

En este texto hemos descrito brevemente los principales métodos descritos de simulación computacional utilizados en el estudio de sistemas biológicos y de materiales. En un texto posterior daremos ejemplos tanto de la literatura como propios de simulaciones realizadas con algunos de estos métodos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] B. J. Alder, and T. E. Wainwright, "Phase Transition for a Hard Sphere System", The Journal of Chemical Physics vol. 27, pp.1208-1209, 1957.

[2] A. Rahman, "Correlations in the Motion of Atoms in Liquid Argon", Physical Review vol. 136, pp. 405-411, 1964.

[3] D. Frenkel, and B. Smit, "Understanding Molecular Simulation". Academic Press. San Diego (USA). 638 p. 2002.

[4] M. O. Steinhauser, "Computational Multiscale Modeling of Fluids and Solids". Springer. Berlin (DE). 427 p. 2008.

[5] H. Martínez-Seara, and T. Róg, "Molecular Dynamics Simulations of Lipid Bilayer: Simple Recipe of How to Do It", in Methods in Molecular Biology, vol. 924, pp. 407-439, 2013.



ALCANCES Y LIMITACIONES EN LA MEDICIÓN DE PELÍCULAS CON UN DIFRACTÓMETRO CONVENCIONAL: BRUKER D8 ADVANCE

Scope and limitations on the measurement of movies with a conventional diffractometer: Bruker D8 ADVANCE

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Abraham Mendoza Córdova[1]
Ramón Ochoa Landín[2]
Mario Flores Acosta[3]

Recibido: 23 de junio de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
M.C. Abraham Mendoza Córdova
Correo: mendozacordova@ciencias.uson.mx

Resumen

Las películas delgadas son capas de materiales con espesores que van desde algunos cuantos nanómetros hasta algunos micrómetros, dichas capas son creadas por técnicas tanto físicas como químicas. Para la caracterización estructural de los materiales cristalinos en forma de películas es indispensable la técnica de difracción de rayos X (DRX). El difractómetro indicado para hacer las mediciones debe de incluir un accesorio conocido como espejo Gobel. En el presente trabajo se realizaron mediciones sobre películas de: CdS, AgOH y CdCO3 utilizando un difractómetro convencional de polvos sin espejo Gobel, los resultados fueron favorables ya que se obtuvieron los patrones de difracción de los materiales, observándose una mejor definición en las películas de mayor espesor.

Palabras clave: Angulo rasante, películas delgadas, difractómetro convencional.

Abstract

The thin films are materials with layers, those can vary in thickness from nanometers to micrometers there are several ways to create this kind of layers by chemical and physical techniques. The x-ray diffraction technique is necessary to characterize the structural of crystalline materials as thin films. In order to realize the measurements the diffractometer needs to include the mirror known as Gobel. In this work we present some x-ray measurements of CdS, AgOH and CdCO3 thin films. Those measurements were made using the conventional powder diffractometer without Gobel mirror, the results were similar because thin films diffraction patterns were obtained and we could observe a better definition in the thin films with major thickness.

Keywords: *Thin films, conventional diffractometer, thickness.*

1 Departamento de Geología, Universidad de Sonora/Correo: mendozacordova@ciencias.uson.mx
2 Departamento de Física, Universidad de Sonora/Correo: ramon.ochoa@correo.fisica.uson.mx
3 Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora/Correo: mflores@cifus.uson.mx



INTRODUCCIÓN

Entre las diversas utilidades que tienen las películas delgadas están: La producción de tratamientos interferenciales anti reflejantes, le fabricación de dispositivos ópticos. En la fabricación de celdas fotovoltaicas y detectores de luz, en la miniaturización de dispositivos optoelectrónicas. Se han desarrollado ya las fibras ópticas, las guías de onda y las válvulas ópticas en base a sistemas de películas delgadas y filamentos.

Dentro de las diferentes técnicas utilizadas para la caracterización de películas delgadas está la difracción de rayos X (DRX). Dicha técnica es la indicada para realizar identificación de fases, cambios de fase, cálculo de tamaño de grano, constante de red y deformación de la red. En el caso de las películas delgadas la medición debe ser con ángulo rasante para eliminar la contribución de información relacionada al sustrato, que normalmente es un material amorfo como el vidrio [1]. El difractómetro para medir películas cuenta con un accesorio llamado espejo Gobel [2], dicho aditamento permite emitir sobre la película un haz paralelo de radiación (Figura 1) que suministra una alta densidad de rayos X, con lo cual se logra una mayor resolución en el patrón de difracción del material.

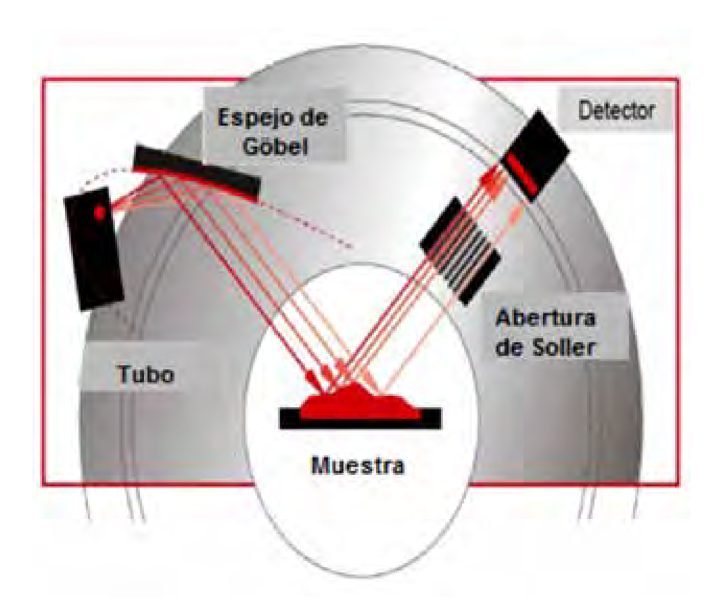
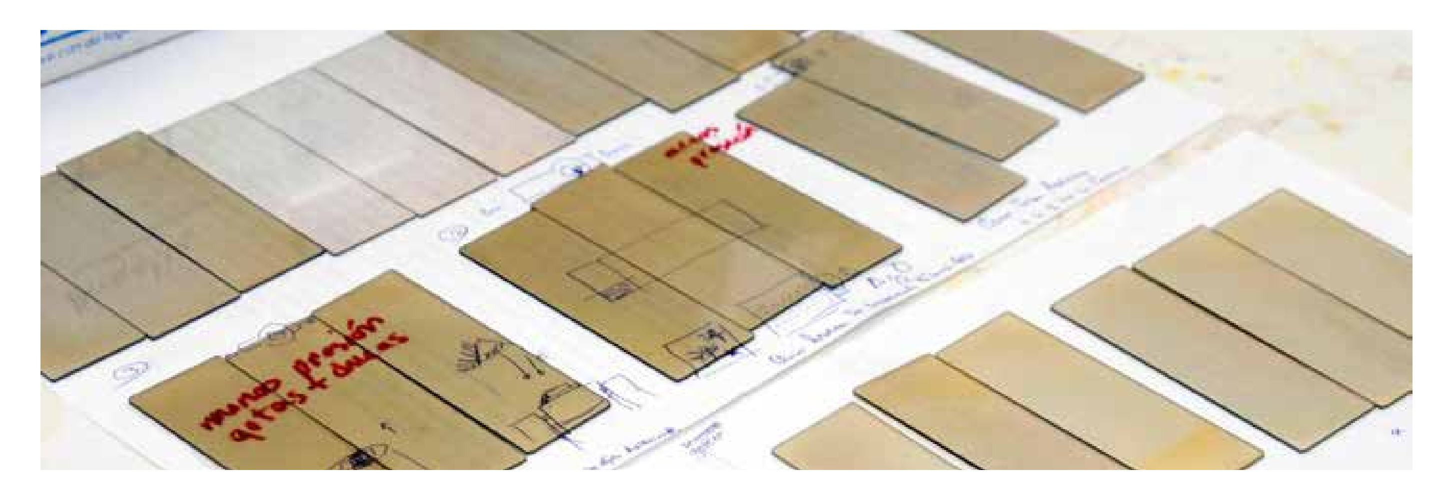


Figura 1. Esquema de la configuración con haz paralelo producido por el espejo Gobel, se utiliza para polvos y superficies irregulares con la configuración Bragg-Brentano Θ:2Θ, así como también para medir películas con haz rasante 2Θ y Θ fijo.



El equipo utilizado en este trabajo para hacer la medición de películas, particularmente de materiales semiconductores policristalinos como: CdS, AgOH, y $CdCO_3$, es un difractómetro marca Bruker modelo D8 ADVANCE, con haz no paralelo utilizado para polvos y superficies pulidas en el esquema de la geometría Bragg-Brentano $\Theta:2\Theta$ (Figura 2). Este equipo no cuenta con el espejo Gobel pero puede medir con haz rasante utilizando el modo Detector Scan, con la configuración Bragg-Brentano solo 2Θ, donde Θ se mantiene fijo.

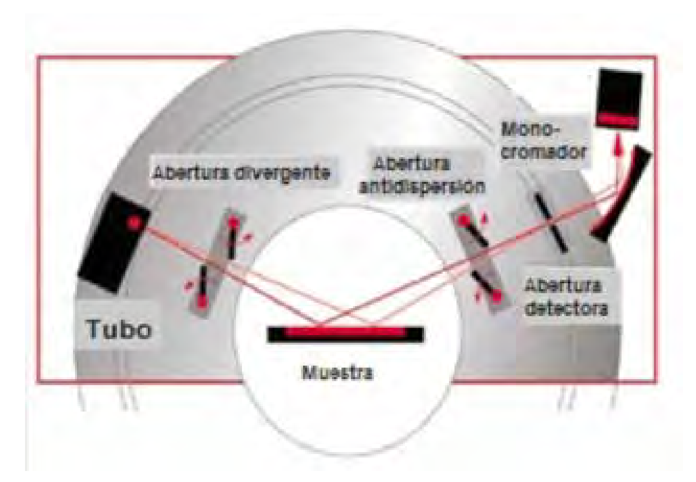


Figura 2. Esquema de la geometría Bragg-Brentano $\Theta:2\Theta$ con haz no paralelo utilizada para polvos y superficies pulidas.

Para buscar una buena señal en las mediciones se experimentó con películas de diferentes espesores y una misma velocidad de escaneo (CdS, AgOH), y con películas de un mismo espesor pero con diferente velocidad de escaneo ($CdCO_3$). Este experimento se hizo con la finalidad de determinar los parámetros con los que los materiales tuvieran la mejor respuesta de difracción.

ELABORACIÓN DE PELÍCULAS

Las películas estudiadas en este trabajo corresponden a materiales semiconductores consistentes en: CdS, AgOH y $CdCO_3$ los cuales se sintetizaron por el método de baño químico. Esta técnica consiste en adicionar en un reactor (Figura 3) una sal que contenga el ion metálico, un compuesto que compleje al ion metálico para evitar la precipitación del compuesto deseado, una sal que contenga al ion no metálico y un buffer para mantener el pH en la solución de reacción. En esta técnica, se parte de una solución acuosa de sales de los elementos de compuesto que se desea obtener. El sustrato de vidrio es sumergido en esta solución y a la vez la solución es sometida a calentamiento constante por un tiempo determinado, siendo estos los parámetros de depósito y los que proporcionan las propiedades de la película junto con las concentraciones de elementos en la solución. En la superficie del sustrato ocurre una reacción química provocando la formación de la película. Los compuestos que pueden ser depositados deben ser relativamente insolubles y químicamente estables en la solución y presentar una precipitación simple en una reacción iónica.



Figura 3. Equipo utilizado para realizar baño químico.



En la figura 3 se observa el equipo utilizado, conformado por un controlador de voltaje para la agitación mecánica de 16 rev/min, con una determinada temperatura; en la figura se observa el buril diseñado y montado sobre motor de corriente directa con abertura de 2 nm donde se coloca el sustrato.

Para cada uno de los materiales sintetizados se utilizó su correspondiente agente complejante y precursor como reactivos [3], así como una determinada temperatura y pH. Los tiempos de deposición fueron cinco para el CdS, cuatro para el AgOH y uno para el $CdCO_3$ (Tabla 1). El espesor de las películas fue proporcional al tiempo de deposición, el cual físicamente se ve reflejado en el tono y en la textura de las muestras (Figura 4).

Tabla 1. Reactivos y condiciones para elaborar las películas de tres tipos de compuestos; el tiempo de deposición es determinante en el espesor que se obtiene.

MATERIAL	PRECURSOR	AGENTE COMPLEJANTE	pH	T (°C)	TIEMPO DE DEPOSICIÓN (min)	ESPESOR (nm)
CdS	CdCl2	Na3C6H5O7	10	70	20	40
	KOH	(Citrato de sodio)			25	60
	CH4N2S				30	70
	(Tiourea)				45	85
					60	100
AgOH	AgNO3	C6 H15 NO3	10	25	30	110
	KOH	(Trietanolamina)			60	140
					90	180
					120	210
CdCO3	CdCl2 NaHCO2	Na3C6H5O7 (Citrato de sodio)	10	50	48 horas	1 µm

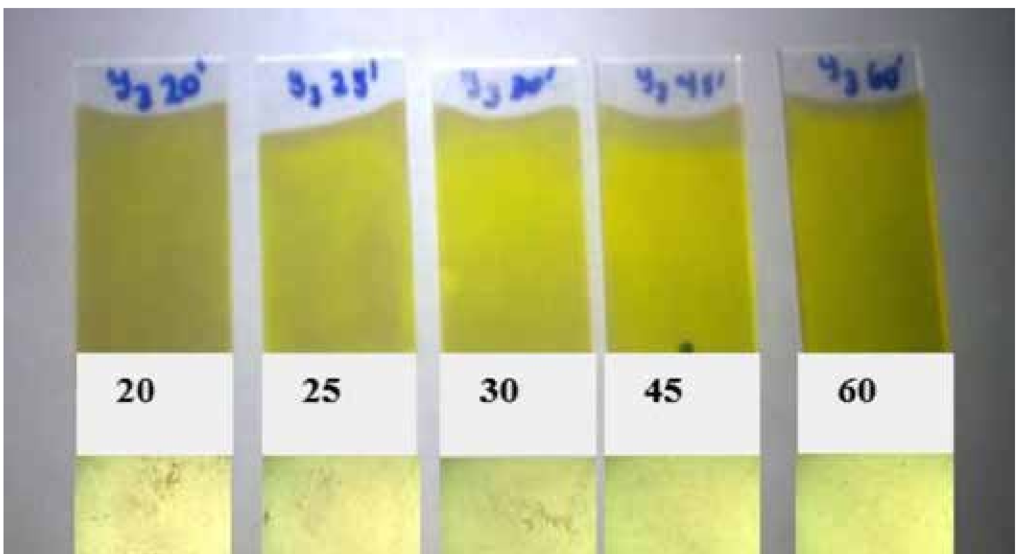


Figura 4. Películas CdS y tiempo de deposición.

En la figura 4 se aprecia en la parte superior de los números (Tiempo de deposición), las cinco películas de CdS en las que el único parámetro que cambia es el tiempo de deposición. El tono comienza con gris en la película de los veinte minutos y va cambiando a un color amarillo tenue que se intensifica conforme incrementa el tiempo. Las fotos de

la parte inferior se tomaron con cámara digital integrada al microscopio en las cuales se deja ver la diferencia de textura.

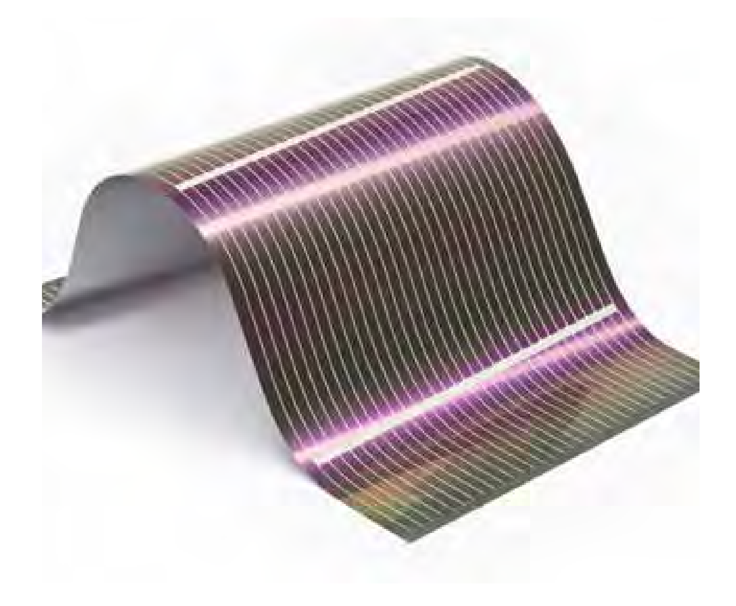
MEDICIÓN DE PELÍCULAS CON DRX

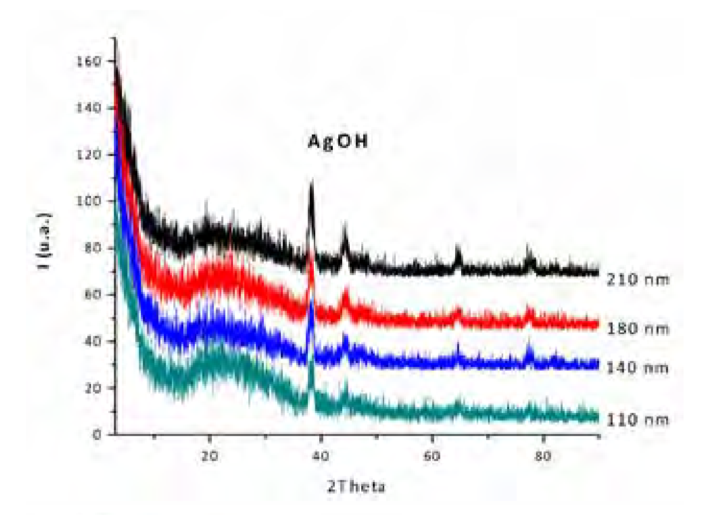
Los parámetros de trabajo en el equipo fueron constantes para medir todas las películas de CdS y de AgOH, mientras que en las mediciones de $CdCO_3$ fue variable la velocidad de escaneo en una sola muestra (Tabla 2).

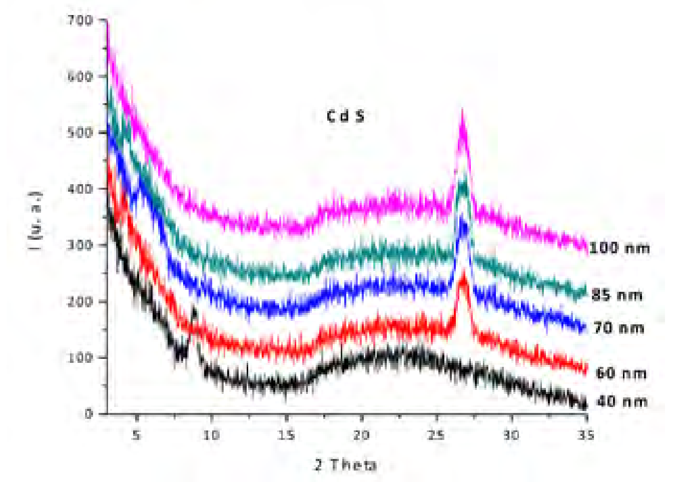
Tabla 2. Parámetros utilizados en la medición de películas con equipo convencional de polvo.

Parámetros	CdS y AgOH	$CdCO_3$
Intervalo	32°	32°
Ángulo de incidencia	3°	3°
Paso angular	0.02°	0.02°
Velocidad de escaneo	1 seg/paso	1, 2, 3, 4, 5 seg/ paso
Rendija	1 mm	1 mm
Kv, ma	40, 35	40, 35
Modo de escaneo (Detector scan)	sólo 2 theta	sólo 2 theta

Para el caso del CdS y del AgOH se midieron cinco y cuatro películas respectivamente de diferente espesor, en intervalos de escaneo de 32° y 82° respectivamente. El tiempo de escaneo se probó con velocidades de 1, 2 y 3 seg/ paso. Los difractogramas que se presentan corresponden a las mediciones hechas con velocidad de 1 seg/paso dado que al medir con menor velocidad el resultado era el mismo en cuanto a intensidad y resolución de los picos, por lo cual se optó en medir con la velocidad máxima de las tres para reducir el tiempo de escaneo, dando un tiempo de 26 y 68 en intervalos de 32° y 82° respectivamente (Figuras 5).







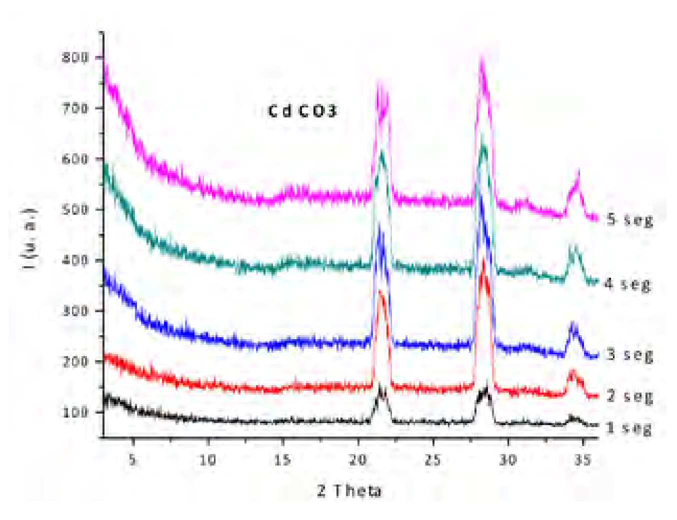


Figura 5. Los difractogramas de AgOH y CdS representan muestras de distintos espesores como se señala en las gráficas, mientras que en los difractogramas del CdCO3 representan a una sola muestra medida con diferente velocidad como es señalado.

La integración en un mismo cuadrante, de los distintos difractogramas de CdS y del AgOH, permite observar que la señal de difracción en las películas aumenta conforme aumenta el espesor, el cual depende directamente del tiempo de deposición. El incremento de la intensidad en los picos fue de 50 unidades en la película de menor espesor, y de 200 unidades en la de mayor espesor. Se confirmó la fase del CdS con la base de datos Crystallography Open Database (COD) y corresponde al patrón número 1011260 que tiene su pico principal en 2ϴ= 26.5 con índices de Miller de (-1 -1 -1). Por otra parte, el difractograma del AgOH corresponde al patón número 1509146 y su pico principal se ubica en 2ϴ= 38.26 con índices de Miller de (-1 -1 -1).

Las mediciones hechas en $CdCO_3$ se realizaron sobre una muestra ya que el espesor es de una micra, para este compuesto la variable fue la velocidad de escaneo (de 1 a 5 seg/paso) cuanto mayor sea el tiempo de escaneo por paso, el tiempo de medición es mayor y por lo tanto el equipo obtiene un mayor conteo que se manifiesta en el incremento de la intensidad, en este caso el incremento fue desde 50 unidades en el escaneo más rápido, hasta 350 unidades en el escaneo más lento. Sin embargo, la velocidad de escaneo no es el factor determinante como ya se vio en el caso del CdS y el AgOH, el incremento de intensidad también depende de la cristalinidad del material y del espesor de la película. La fase correspondiente al $CdCO_3$ fue corroborada con el patrón número 10111341 y su pico principal se ubica en 2ϴ= 30.4 con índices de Miller de (-2 -1 -1).

Al comparar los difractogramas obtenidos en este trabajo, con difractogramas en los que se ha utilizado el espejo Gobel [4], la diferencia es muy clara en cuanto a la resolución de la gráfica, dicha resolución tiene que ver con la configuración y el ancho del pico, la configuración del pico puede ser hasta cierto punto irrelevante, ya que lo más importante es la ubicación del pico en el ángulo 2ϴ correspondiente. Sin embargo, el ancho del pico es algo crítico cuando el objetivo es conocer el tamaño de la celda unitaria, ya que ésta se determina con la ecuación de Scherrer; $D=K\lambda/\beta\cos\theta$, donde β es el ancho del pico [5, 6].

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren la viabilidad de emplear un difractómetro convencional de polvos para la medición de películas delgadas mayormente cuando el espesor excede de los 100 nm.

Se pueden mejorar los resultados de los difractogramas haciendo más pruebas con diferentes condiciones de trabajo del instrumento, ya que como se ha visto en este trabajo, en algunos materiales el tiempo de escaneo puede llegar a ser un factor para obtener un mejor difractograma.

Con las mediciones hachas con un difractómetro convencional, se observa un ancho mayor de los picos en comparación con el ancho de los picos de materiales que han sido medidos en instrumentos equipados con espejo Gobel, esto es algo crítico para determinar el tamaño de la celda unitaria, la cual se obtiene con la ecuación de Scherrer; $D=K\lambda/\beta\cos\theta$, ya que β es el ancho del pico.

BIBLIOGRAFÍA

[1] L. García, A. M. Courrech, L. Zamora, A. López, T. Hernández, y J. Hernández. Recubrimientos de HfN y AlHfN fabricados por Sputtering. Memorias del XIX Congreso Internacional Anual de la SOMIM: 890, 2013.

[2] M. Marciszko. A. Baczamanski, K. Wierzbanowski, M. Wróbel, C. Braham, J. P. Chopart, A. Lodini, J.Bonarski, N. Zazi. Application of multireflection grazing incidence method for stress measurements in polished Al-Mg ALLOY AND CrN coating. Applied Surface Science 266:256-267, 2013.

[3] M. B. Orduño. Síntesis y caracterización de películas delgadas de sulfuro de cadmio (CdS), preparadas bajo condición variable de reacción el método de deposición en baño químico (DbQ). Tesis profesional. Químico Biólogo, Univ. Sonora, pp. 22-27, 1998.

[4] O. Toma, L. Ion, S. Iftimie, A. Radu, S. Antohe. Structural, morphological and optical properties of rf-Sputtered CdS thin films. Material and Design 100: 198-203, 2016.

[5] P. Scherrer, Göttinger Nachrichten Gesell: Vol. 2, p 98, 1918.

[6] J. M. Sasaki. Acta Crystallographica A-Foundation and Advances: Vol. 72, 385-390, 2016.





Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SALUD ESPECIALIZACIÓN EN INMUNOHEMATOLOGÍA DIAGNÓSTICA

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para prestar servicios de diagnóstico hematológico e inmunológico, capaces de proponer alternativas para la investigación de problemas de diagnóstico así como para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de información científica.

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para realizar investigaciones de alto nivel en el campo de la salud y para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de resultados, con el interés de que su formación tenga un impacto decisivo en el perfil epidemiológico poblacional.

DOCTORADO EN CIENCIAS (QUÍMICO BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD)

Objetivo General

Formar personal altamente calificado en las áreas de química, biología y ciencias de la salud, con una visión interdisciplinaria, que contribuya a solventar la problemática de salud.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal calificado y competente de alto nivel que sea capaz de resolver problemas alimentarios en los sectores de investigación, educación, de los sectores público y privado, vinculados con el manejo, almacenamiento, conservación y procesamiento de granos o productos marinos.

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal de alto nivel académico que sea capaz de generar conocimiento, a través del planteamiento, diseño y desarrollo de proyectos de investigación relevantes al desarrollo de la ciencia de los alimentos y a la resolución de la problemática de la producción y procesamiento de alimentos

POSGRADO EN BIOCIENCIAS (MAESTRÍA)

Objetivo general

Formar recursos humanos con una visión amplia de su área de especialidad y con capacidad de identificar problemas y procesos básicos y aplicados en las diferentes disciplinas de las ciencias biológicas. Tendrá la capacidad de desarrollarse en áreas emergentes de las biociencias, combinando diferentes aproximaciones, conceptualizaciones y niveles jerárquicos de la biología y áreas de especialización del posgrado

POSGRADO EN BIOCIENCIAS (DOCTORADO)

Objetivo General

Formar investigadores de alto nivel con una amplia capacidad de realizar investigación independiente, la cual contribuya significativamente a la generación, innovación y adaptación de conocimientos científicos y/o tecnológicos en su área de especialización.

Posgrados no incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS (No incluida en la padrón)

Objetivos Generales

1. Formar profesores investigadores con una alta preparación académica y capacidad innovadora, capaces de generar y transmitir el conocimiento científico; aptos para crear y desarrollar proyectos y programas de investigación científica y tecnológica, tendientes a mejorar la productividad agropecuaria nacional.

2.- Preparar personal altamente capacitado para ejercer labores docentes de licenciatura y posgrado en las Instituciones de Educación Superior dedicadas a la generación de conocimientos y tecnología en las áreas de fisiología vegetal, genética y mejoramiento de plantas, manejo de agostaderos, praderas irrigadas, producción de carne y leche, nutrición y reproducción animal.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Rosales y Blvd. Luis Encinas., Edificio 10k, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-62 y 259-22-59



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencia de Materiales

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal de alto nivel académico y con autonomía para llevar a cabo en forma eficiente las actividades de generación, aplicación y difusión de conocimiento de frontera en el área de Ciencia de Materiales.

Los objetivos específicos son contribuir a la formación de los recursos humanos especializados que el país requiere en Ciencia de Materiales. Desarrollar investigación de alto nivel comprobada a partir de publicaciones científicas de calidad. Participar de manera efectiva en la resolución de problemas tecnológicos que se presenten en el medio social y productivo de la región y el país, en el ámbito de las líneas de investigación del programa.

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Química

Objetivos del Programa

Formar académicos y profesionales del más alto nivel en ingeniería y sus campos afines, útiles a la sociedad. Promover la práctica profesional de calidad en ingeniería y campos afines. Contribuir a la solución de problemas nacionales. Realizar investigación para generar nuevos conocimientos, métodos y criterios en ingeniería y sus campos afines. Desarrollar tecnología.

Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial

Objetivos del Programa

El objetivo general es formar recurso humano orientado a entender, analizar y resolver problemas complejos dentro de organizaciones dedicadas a la producción de bienes o servicios.

Los objetivos específicos son profundizar en el estudio de áreas de interés de la Ingeniería Industrial, acorde a las necesidades que se deseen resolver por parte de la institución y de la sociedad. Hacer énfasis en la aplicación del conocimiento y la tecnología para resolver problemas que afectan la calidad y productividad de las organizaciones que producen bienes o prestan servicios. Impulsar la mejora de la eficiencia y eficacia de las organizaciones sobre todo aquellas consideradas como pequeñas y medianas (PYMES) que permita impulsar el desarrollo del estado y del país.

Programa de Posgrado en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Civil

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal del más alto nivel académico y profesional en el campo de la Construcción y la Valuación, capaz de realizar investigación para generar nuevos conocimientos o desarrollos que contribuyan a la solución de problemas de interés regional y nacional.

Programa de Especialidad en Desarrollo Sustentable

Objetivos del Programa

Formar profesionales con una perspectiva integral de las áreas técnica, administrativa, económica, social, ambiental y ética de acuerdo a los modelos modernos del desarrollo

Programa de Maestría en Sustentabilidad

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa de maestría es coadyuvar con la sociedad en la transición hacia estilos de vida más sustentables, mediante la formación de profesionistas con una perspectiva holística y ética; con los conocimientos y habilidades para planear, implantar y evaluar intervenciones que conlleven a prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos e impactos ambientales y ocupacionales en el área de su profesión y/o desarrollo en beneficio de su comunidad.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 5M, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-57 y 259-21-58